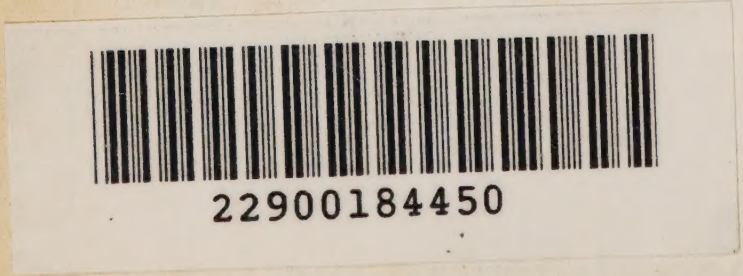
Zeitschrift
Z 1530



ZEITSCHRIFT

FÜR

RATIONELLE MEDICIN.

HERAUSGEGEBEN UND REDIGIRT

VON

Dr. **J. HENLE,**
Professor der Anatomie in Göttingen,

UND

Dr. **C. v. PFEUFER,**
Königl. Bair. Ober-Medicinalrath und Professor der speciellen Pathologie und Therapie und der medicinischen Klinik in München.

INSTITUT DER K. UNIVERSITÄT

Dritte Reihe. VIII. Band.

Mit zehn Tafeln.

LEIPZIG & HEIDELBERG.
C. F. WINTER'SCHE VERLAGSHANDLUNG.
1860.

31731l

WELLCOME INSTITUTE LIBRARY
Coll. welMOmec
Call No. ser WI /113

Inhalt des achten Bandes.

Erstes und zweites Heft.

Ueber die Bewegungen des Auges. Nach neuen Versuchen von Professor *G. Meissner*. (Hierzu Taf. I.) 1

Der Mechanismus der Doppelgelenke mit Zwischenknorpeln. Von Dr. *W. Henke*, Prosector und Privatdocenten in Marburg. (Hierzu Taf. II — IV.) 48

Ueber den Einfluss der Temperaturen und ihrer Schwankungen auf die motorischen Nerven. Von Prof. Dr. *E. Harless*. 122

Ueber die Assimilation des letzten Bauchwirbels an das Kreuzbein. Von Dr. *Dürr* in Hannover. (Hierzu Taf. V — VII.) 185

Drittes Heft.

Zur Anatomie der geschlossenen (lenticulären) Drüsen oder Follikel und der Lymphdrüsen. Von *J. Henle*. (Hierzu Taf. VIII — X.) 201

Physikalische Untersuchung des Gasteiner Thermal-Wassers. Von *C. Bohn* 231

Der geschlechtsreife Zustand der Trichina spiralis. Eine vorläufige Mittheilung. Von Dr. *Rud. Leuckart*. 259

Ueber Muskelbewegungen beim Menschen. Von *Baierlacher* 263

Ueber die Elasticität der organischen Gewebe. Von *Wilh. Wundt* . 267

Untersuchungen über die Verdauung der Eiweisskörper. No. II. Von *G. Meissner*. 280

Zur Kritik der Richardson'schen Hypothese über die nächste Ursache der Blutgerinnung und einige andere den Faserstoff betreffende Ansichten. Von Dr. *G. Zimmermann* in Halle. 304

Zusatz zu den auf Seite 259 gemachten Mittheilungen über den geschlechtsreifen Zustand der Trichina spiralis. Von *Rud. Leuckart*. 334

Digitized by the Internet Archive
in 2020 with funding from
Wellcome Library

https://archive.org/details/s2495id1379952

Ueber die Bewegungen des Auges.

Nach neuen Versuchen

von

G. Meissner.

(Hierzu Taf. I.)

Obwohl ich durchaus keinen Grund hatte, den Ergebnissen meiner früheren Untersuchungen über die Augenbewegungen zu mistrauen, so habe ich es doch für meine Pflicht gehalten, diese Untersuchungen wieder aufzunehmen, nachdem vor einiger Zeit Versuche veröffentlicht worden waren, deren Resultate mit den von mir erhaltenen nicht übereinstimmten.

Da bei den Versuchen A. Fick's, welche mit den meinigen nicht im Einklang zu stehen schienen, eine von der meinigen in doppelter Beziehung abweichende Methode der Beobachtung angewendet worden war, so musste ich mich zu neuen Versuchen schon deshalb aufgefordert sehen, weil doch möglicherweise die Differenz der Ergebnisse zum Theil wenigstens in der Verschiedenheit der Untersuchungsart begründet sein konnte, und, da von anderer Seite keine Vergleichung beabsichtigt worden war, die verschiedenen Methoden einigermassen einer Vergleichung unterworfen werden mussten. Fick's Versuche forderten aber ausserdem auch zu einer grösseren Ausdehnung meiner Untersuchungen auf, denn dieselben betrafen zum grössten Theile solche Augenstellungen, die ich früher gar nicht berücksichtigt hatte.

Die Verschiedenheit der hier eingeschlagenen Untersuchungsmethode bringt es mit sich, dass ich die Darstellung nur bezüglich einiger Hauptmomente an das, was ich früher abgeleitet und erörtert habe, anschliessen kann, dass dieselbe wesentlich unabhängig und für sich dastehend sein musste, was mir nebenbei aus dem Grunde erwünscht war, weil mehre Punkte deren frühere Erörterung vielleicht zu Missverständnissen führen konnte, jetzt vielleicht besser, weil von anderer Seite her, der Betrachtung unterzogen werden können.

Zur Kenntniss und Definition der Lage einer Kugel, als welche das Auge hier betrachtet werden kann, bezüglich irgend eines zum Grunde gelegten Coordinatensystems genügt nicht die Kenntniss von der Lage eines Punktes der Oberfläche, auch nicht die Kenntniss der Lage zweier diametral entgegengesetzt gelegener Punkte der Oberfläche, also der Lage eines Durchmessers, wie beim Auge z. B. die Kenntniss der Richtung der Sehaxe oder Sehlinie: sondern es muss ausserdem noch die Lage wenigstens eines zweiten, nicht in jenem Durchmesser gelegenen Punktes der Kugel bekannt sein. Geben wir der Sehaxe verschiedene Richtungen nach einander, so muss für jede einzelne Richtung derselben noch die Lage irgend eines zweiten Punktes z. B. der Netzhaut oder etwa des vorderen freien Umfanges des Augapfels ermittelt werden, wenn die Lage des Auges bei einer bestimmten Richtung der Sehaxe bekannt werden soll. Ist aber diese für zwei verschiedene Richtungen der Sehaxe bekannt, dann erst sind wir im Stande zu ermitteln, wie die Drehungsaxe gelegen ist, um welche das Auge gedreht wird, wenn die Sehaxe auf kürzestem Wege d. h. durch eine einfache Drehung aus der einen in die andere Richtung übergeführt wird. — Welchen Punkt man als zweiten zur Beobachtung wählt, ist ganz gleichgültig für das Resultat, die Wahl braucht nur durch die Rücksicht auf leichte und sichere Ausführung der Beobachtung geleitet zu werden. Am menschlichen Auge dürften sich in dieser Beziehung wohl nur Punkte der Netzhaut, zur subjectiven Beobachtung geeignet, darbieten. Früher habe ich als zweiten Punkt neben dem Mittelpunkt der Netzhaut, dem Punkte des deutlichsten Sehens, ein zusammengehöriges Paar sogenannter identischer d. h. gleichen Raumwerth vermittelnder Netzhautpunkte benützt, also mit anderen Worten bei binocularem Sehen einen Punkt (oder eine Reihe von Punkten) der Doppelnetzhaut. Man kann aber auch, wie ich früher angemerkt habe, einen Punkt der Netzhaut benutzen, zu dessen Lagenbestimmung binoculares Sehen nicht erforderlich ist, dessen Lage sich in dem Gesichtsfelde des einzelnen Auges zu erkennen giebt, nämlich den Mittelpunkt, oder allgemein irgend einen Punkt der Eintrittsstelle des Sehnerven, des Mariotte'schen Fleckes. Während ich früher diese Beobachtungsart nur beiläufig erwähnt hatte, wurde dieselbe vor Kurzem von A. Fick zuerst zu messenden Beobachtungen benutzt, und eben diese Art der Beobachtung mit Hülfe des Mariotte'schen Fleckes ist es, welche auch ich jetzt für die hier mitzutheilenden Untersuchungen angewendet habe.

Aber noch in anderer Beziehung, als in der eben erörterten, kann die Untersuchungsmethode variiren. Man kann nämlich ein Mal, um die Richtung der Sehaxe in bestimmter Weise zu verändern, den Kopf fixiren und ausschliesslich nur das Auge bewegen, und diese Methode ist der allgemeinsten Anwendung für alle sonst möglichen Versuchsweisen fähig. Man kann aber zweitens auch die Sehaxe, den Mittelpunkt der Netzhaut im absoluten Raume fixiren und ausschliesslich den Kopf bewegen. Bei dieser Versuchsweise ändert man die Sehaxenrichtung indirect, man ändert ihre Richtung im Kopfe, die relative Richtung und rechnet darauf, dass die Lagen, welche das Auge, die Netzhaut dabei erhält, die gleichen sind, wie wenn bei fixirtem Kopfe der Sehaxe relativ und absolut verschiedene Richtungen direct ertheilt worden wären. Es versteht sich von selbst, dass bei den Untersuchungen, die ich früher anstellte, bei welchen nur sog. symmetrische Augenstellungen beider Augen zugleich berücksichtigt wurden, bei denen also beide Sehaxen im entgegengesetztem Sinne, nämlich beide um Gleiches nasenwärts gerichtet wurden, von der zweiten Versuchsmethode gar keine Rede sein konnte, dass dabei nur die Augen direct bewegt werden konnten. Handelt es sich aber nur um Bewegungen eines Auges, oder um verschiedene Bewegungen beider Augen zugleich, nämlich um unsymmetrische Augenstellungen, so kann auch die zweite Versuchsweise in Anwendung kommen, und es liegt kein Grund vor, zu vermuthen, dass bei derselben bestimmte Sehaxenrichtungen mit anderen Lagen der Netzhaut verbunden sein sollten, als bei directer Bewegung der Augen. Fick hat die zweite Methode in Anwendung gebracht; er richtete das Auge auf einen für alle Mal fixirten Fixationspunkt, und ertheilte dem Kopf, beziehungsweise dem ganzen Körper verschiedene Lagen. Die Methode bietet in einer Beziehung einen äusseren Vortheil dar; die direct abgelesenen Beobachtungsresultate sind nämlich sofort das Gesuchte, worauf es ankommt, ohne dass eine Berechnung nöthig wird, was darin begründet ist, dass die durch den fixirten Punkt und die beiden Punkte des deutlichsten Sehens gelegte Ebene (Visirebene) stets ein und dieselbe Lage im Raume behält, allemal die horizontale war. Dieser nur der Bequemlichkeit zu Statten kommende Vortheil scheint indess durch mehre Umstände mehr als aufgewogen zu werden, welche Unsicherheit für die Beobachtung bedingen. Ich selbst hatte keinen Grund von der früher befolgten Methode, bei fixirtem Kopf nur das Auge zu bewegen, abzugehen; im Gegentheil wäre ich nicht ein Mal im Stande gewesen,

Fick's Versuche in dieser Beziehung genau nachzuahmen, weil es zur möglichsten Beseitigung einer sonst nicht unbedeutenden Fehlerquelle dabei geboten ist, einen beträchtlichen Abstand der Beobachtungsobjecte, des betreffenden Apparats vom Auge zu nehmen, was mir unter den Umständen, unter denen ich diese Untersuchungen machen musste, nicht ausführbar war. —

Bei meinen Versuchen war also die Absicht die, bei in bestimmter Stellung fixirtem Kopfe der Sehaxe des einen Auges durch Bewegung des Fixationspunktes verschiedene Richtungen anzuweisen und zu beobachten, welche Lage in Bezug auf ein bestimmtes Coordinatensystem ein gewisses Object, ein schwarzer Fleck allemal haben muss, um mit seinem Bilde die Eintrittsstelle des Sehnerven zu decken. Der in Fig. I. abgebildete Apparat diente für diese Beobachtungen.

A ist ein fester Träger, der auf einer Fussplatte ruhet. Der Zapfen B trägt einen von 5 zu 5° getheilten Halbkreis von Holz gearbeitet, CD, für dessen innere Peripherie der Radius 10 Zoll beträgt. Der Zapfen B dreht sich in dem Träger A, und damit wird der Halbkreis CD um seinen verticalen Durchmesser als Axe gedreht. Der Winkel, um welchen diese Drehung aus einem beliebigen Nullpunkte geschieht, wird auf der horizontalen getheilten Scheibe G abgelesen, deren Theilungsmittelpunkt in die Drehungsaxe fällt. Der vertical von dem Halbkreise herabreichende Kiel K, dessen untere Kante zugeschärft ist, diente zur genauen Ablesung des Drehungswinkels; die Drehungsaxe und die zugeschärfte Kante des Kiels lagen in derselben verticalen Ebene. Zur Fixirung des Halbkreises in einer beliebigen Stellung diente die Schraube S.

Befand sich das Auge im Mittelpunkte des Halbkreises CD (was in unten anzugebender Weise hergestellt wurde), so blieb bei jeder dem Halbkreis ertheilten Stellung jeder Punkt desselben in der gleichen Entfernung vom Auge, so wie auch jeder andere mit dem Halbkreis fest verbundene Punkt. Folgte die Sehaxe, auf irgend einen Punkt des Halbkreises gerichtet, den Drehungen desselben bei fixirtem Kopfe, so änderte die Sehaxe ihre Richtung bezüglich der Dimension der Breite, Latitudo, war entweder nasenwärts oder schläfenwärts oder gradeaus (sagittal) gerichtet, was wir unten mit + latitudo, — latitudo und latitudo = 0 bezeichnen werden. —

Der Halbkreis CD hatte auf dem Querschnitt die in Fig. II gezeichnete Gestalt. Die ausgekehlte Seite ist nach Innen dem Mittelpunkte zu gekehrt, und in den Furchen spielte ein dieselben genau ausfüllender kleiner Zapfen, der mit einer von

der freien Seitenfläche (in der Figur II von der rechten) schräg nach hinten abgehenden Handhabe versehen war, mittelst welcher der Zapfen leicht in dem Halbkreise herumbewegt werden konnte. Der Zapfen trug auf seiner inneren, dem Mittelpunkte des Halbkreises zugewendeten Fläche eine ebene Kreisscheibe E, die unbeweglich mit dem Zapfen verbunden war. Die Lage dieser Scheibe war von der Art, dass der zum Centrum der Scheibe gezogene Radius des Halbkreises CD (den bei den Beobachtungen die Sehaxe vorstellen sollte) senkrecht auf der Ebene der Scheibe stand. Damit diese Scheibe trotz des Aufsitzens auf der concaven Seite des Halbkreises eine ebene Fläche bilden konnte, war sie entsprechend oben und unten keilförmig ausgeschnitten, wie es die Abbildung zeigt. Der Scheibe E liegt die ebenfalls kreisförmige kleinere Scheibe F concentrisch auf, jedoch ist diese um den gemeinsamen Mittelpunkt beider, P, drehbar. Dieser Punkt P, markirt durch den Kopf einer Schraube, dient als Fixationspunkt, welcher also bei allen dem im Mittelpunkte des Halbkreises befindlichen Auge ertheilten Richtungen die Entfernung von nahezu 10 Zoll hat. Der Punkt P liegt in der durch die verticale Drehungsaxe und die scharfe Kante des Kiels K bestimmten Verticalebene.

Wurde der die Scheiben tragende Zapfen längs dem Halbkreise herumgeführt, so änderte sich die Richtung der dem Punkte P folgenden Sehaxe bezüglich der Dimension der Höhe oder Länge, Longitudo, welche entweder positiv, nämlich unter dem Horizont, oder negativ, über dem Horizont, oder = Null war, wenn die Sehaxe horizontal gerichtet war.

Damit nun der Beobachter ohne den Kopf zu bewegen bestimmte Drehungen des Halbkreises und des Zapfens in dem Halbkreise vornehmen und auf bestimmte Theilstriche einstellen konnte, war die Theilung des Halbkreises selbst, zur Einstellung der Longitudo des Punktes P, correspondirend mit einer vom Mittelpunkte des Halbkreises aus sichtbaren Theilung, die für den sichtbaren unteren Rand der Vorderfläche des Zapfens galt; die Theilung aber der horizontalen Scheibe G, zur Einstellung der Latitudo, war für die Finger fühlbar gemacht durch Einschnitte des Randes der Scheibe, über welche mit Hülfe des Nagels der zugeschärfte Kiel K sehr genau eingestellt werden konnte.

Nahe der Peripherie der kleineren drehbaren Scheibe F befand sich auf derselben in passender Entfernung vom Mittelpunkte ein schwarzer Fleck, dessen Form, ganz besonders aber dessen Ausdehnung in der Richtung von Oben nach Unten

möglichst genau dem Mariotte'schen Flecke angepasst war, so dass bei der Entfernung der den Fleck tragenden Ebene von 10 Zoll das Bild des schwarzen Flecks möglichst genau einen Flächenraum der Netzhaut von Grösse und Form der Eintrittsstelle des Sehnerven deckte, wobei es, wie bemerkt, ganz besonders auf die Ausdehnung in der Richtung von Oben nach Unten ankam, die bei Vorversuchen nach und nach auch soweit richtig und genau getroffen wurde, dass von dieser Seite her kein in Betracht kommender Beobachtungsfehler zu befürchten war. Der durch den Mittelpunkt des schwarzen Fleckes (genauer durch die Mitte seines grössten Höhendurchmessers) gezogene Radius der Scheibe F, den wir die Beobachtungslinie nennen wollen, war bis zum Rande der Scheibe F fortgeführt und bewegte sich derselbe bei Drehungen dieser Scheibe über einer Theilung auf dem Rande der grösseren Scheibe E, wie in der Abbildung angedeutet ist. Fixirte nun das zur Beobachtung benutzte Auge (so wie der Apparat gezeichnet ist, das rechte Auge) den Punkt P vom Mittelpunkt des Halbkreises CD aus, so konnte die Scheibe F leicht so gedreht werden, dass der schwarze Fleck völlig zum Verschwinden kam, und dann bezeichnete die Richtung der Beobachtungslinie, wie sie auf der Theilung der Scheibe E abgelesen wurde bezüglich des Nullpunktes dieser Theilung, die Umkehr der Richtung des durch den Punkt des deutlichsten Sehens und den Mittelpunkt des Mariotte'schen Fleckes gelegten Netzhautmeridians.

Der noch nicht besprochne Theil des Apparats, nämlich die vertical hinaufragende Klemme L, diente zur Markirung des Mittelpunktes für den Halbkreis CD, und, in Verbindung mit einem Spiegel, zur Fixirung des Kopfes in richtiger Stellung. Die Klemme L reichte selbst nicht bis zur Höhe des fraglichen Centrums, sondern endigte etwa 3 Zoll unterhalb desselben; aber es konnte auf die eine Branche der Klemme halb-rittlings ein Stück fest aufgesetzt werden, welches oben in eine Spitze auslief, die das gesuchte Centrum des Halbkreises CD anzeigte. Hinter dem Halbkreise CD sodann war ein kleiner Spiegel vertical hängend angebracht, dessen Fläche genau parallel gerichtet war der Ebene der Scheibe E für diejenige Stellung, bei der die Longitudo und die Latitudo von P = Null sein sollte. Dieser Spiegel war dem im Mittelpunkte befindlichen Auge nur sichtbar, wenn der Halbkreis CD aus seinem Nullpunkte seitwärts gedreht war. Der Apparat stand auf einem Tischchen von veränderlicher Höhe und wurde so eingestellt, dass bei aufrechter Haltung des Körpers und

Kopfes das Spiegelbild der das Centrum anzeigenden Spitze dasjenige der dicht dahinter gebrachten Pupille deckte. Dann wurde mittelst der Klemme ein verticales Blatt steifen Pappdeckels so fixirt, dass dasselbe mit seiner oberen horizontal streifenden Kante an bestimmter Stelle eine Unterstützung für die Nase bildete, welche mit der Spina nasalis fest aufgesetzt wurde. Es musste dann die das aufgesuchte Centrum anzeigende Spitze weggenommen werden, weil nun das Auge selbst in die Gegend des Centrums trat. Auf diese Weise kam das Auge immer an den richtigen Platz. Aber ebenso wichtig war es, Sorge zu tragen, dass auch der Kopf bei allen Versuchen die gleiche Orientirung hatte. Die Stellung des Kopfes musste in Bezug auf drei im Kopf zu denkende im Raume feste rechtwinklige Drehungsaxen bestimmt und fixirt werden. Was zunächst die Orientirung des Kopfes betrifft bezüglich der transversalen Axe, so sollte der Kopf ungezwungen aufrecht auf dem Halse ruhen. Das ist, wie schon mehrfach bemerkt, eine Angabe, bei der die Willkühr einigen Spielraum hat; es giebt keine für alle Köpfe und Gesichter gleichwerthige Merkzeichen für eine solche Haltung. Die hieraus resultirende Unsicherheit kann zu gewissen Differenzen in den Beobachtungen bei verschiedenen Individuen führen. Für den einzelnen Beobachter aber ist eine bestimmte stets gleiche Haltung des Kopfes in Bezug auf die transversale Axe bei jenem Apparat gesichert, indem die Nase fest auf jene Kante gestützt wird, der Körper so zu sagen mit der Nase auf jener Kante hängt, wobei nur das zu beachten war, dass der Körper auch jedes Mal die gleiche Länge hatte (wenn nicht jedes Mal eine neue Einstellung gemacht werden sollte), also vor Allem die Fussbekleidung bei allen Versuchen die gleiche war. Was zweitens und drittens die Orientirung des Kopfes bezüglich der sagittalen und verticalen Axe betrifft, so wurde diese mit Hülfe des Spiegels wiederum regulirt. In jenem Spiegel sah das eine (allein geöffnete) Auge das ganze Gesicht und konnte sehr gut und genau beobachten, ob die die beiden Pupillen verbindende Grade parallel der horizontalen Kante gerichtet war, auf die sich die Nase stützte; und ebenso konnte im Spiegel controlirt werden, dass die Frontalebene parallel der Spiegelfläche strich, mit anderen Worten, dass das eine Auge von beiden Gesichts- und Kopfhälften, von den Seitentheilen, gleich viel erblickte, wobei besonders die Ohren gute Merkmale abgaben. Es hat vielleicht den Anschein, als ob diese Art von Fixirung des Kopfes einigermassen roh und unsicher, zu sehr improvisirt sei; man wird sich aber bei der Ausfüh-

rung überzeugen, dass sie in der That sicher und genau ist, indem das Auge sehr bald gewisse Merkzeichen im Spiegelbilde auffindet, deren richtige Lage fast zur Gewohnheit wird; und jedenfalls ist diese Art der Fixirung einer jeden gewaltsamen vorzuziehen, die man trotz des besten Willens nicht erträgt. Jene Controle im Spiegel ist so leicht und rasch ausführbar, dass sie ohne Mühe und Zeitaufwand vor jeder Einzelbeobachtung ausgeführt werden konnte, wie es in der That geschah. Es ist, wie ich noch besonders hervorheben will, durchaus nothwendig, die grösste Sorgfalt darauf zu verwenden, dass der Kopf bei allen Versuchen die gleiche Stellung hat; denn die Winkelgrössen, auf welche es bei den Versuchen ankommt, sind fast alle so klein, dass eine falsche Haltung des Kopfes gar leicht Beobachtungsfehler bedingen kann, die grösser oder eben so gross sind, wie jene. —

Wir müssen nun zunächst untersuchen, welche Bedeutung es hat, wenn bei irgend einer Richtung der Sehaxe die Beobachtungslinie, der schwarze Fleck, aus der Anfangsstellung gedreht werden muss, damit er zum Verschwinden kommt. Einige für diese Untersuchung nothwendige Begriffe, die ich schon früher festgestellt habe, müssen zuvor kurz in Erinnerung gebracht werden.

Grundlinie nennen wir die Grade, welche die beiden Augenmittelpunkte verbindet. Visirebene nennen wir die durch die beiden Mittelpunkte der Netzhäute, die Punkte des deutlichsten Sehens und den von beiden Augen fixirten Punkt gelegte Ebene. In der Visirebene liegen also die beiden Sehaxen oder Sehlinien, und die Grundlinie ist ebenfalls eine in der Visirebene gezogene Grade. Sämmtliche Sehaxenrichtungen können wir zunächst in drei Gruppen bringen, in mediale, laterale und sagittale Richtungen. Bei den medialen Richtungen ist die Sehaxe nasenwärts gerichtet, die Latitudo wird positiv bezeichnet. Bei den lateralen Richtungen ist die Sehaxe schläfenwärts gerichtet, die Latitudo wird negativ bezeichnet. Bei den sagittalen Richtungen steht die Sehaxe rechtwinklig auf der Grundlinie, die Latitudo ist = Null. Ein Theil der medialen Sehaxenrichtungen und die sagittalen Sehaxenrichtungen können mit symmetrischer Richtung der anderen Sehaxe verbunden sein: die Sehaxen schliessen medialwärts gleiche Winkel mit der Grundlinie ein bei den symmetrischen Augenstellungen. Ein Theil der medialen Sehaxenrichtungen erfordert stets laterale oder sagittale, oder auch eine nicht symmetrische mediale Richtung der anderen Sehaxe, unsymmetrische Augenstellungen, und sämmtliche laterale

Sehaxenrichtungen sind immer mit unsymmetrischer Richtung der anderen Sehaxe verbunden. —

Für binoculares Sehen einerseits, monoculares Sehen anderseits sind die räumlichen Beziehungen nicht identisch: denken wir uns irgend ein beliebiges Coordinatensystem im Raume, auf welches wir die Lage eines Punktes oder einer Linie beziehen wollen, so müssen diese Beziehungen des Punktes oder der Linie im Allgemeinen verschieden ausfallen, je nachdem sie für binoculares Sehen oder monoculares Sehen von demselben Standpunkte aus gelten sollen. Unter völliger Abstraction von der Dimension der Tiefe, die uns für das folgende nicht interessirt, nennen wir binoculares Sehfeld die Ebene, welche senkrecht zur Visirebene steht und die durch den fixirten Punkt gelegte Horizontalebene in einer zur Grundlinie parallelen Linie schneidet; natürlich ist der fixirte Punkt in diesem binocularen Sehfelde und zwar in jener Durchschnittslinie mit der Horizontalebene gelegen. Bei den symmetrischen Augenstellungen steht die die Mitte der Grundlinie mit dem fixirten Punkte verbindende Grade senkrecht auf dem binocularem Sehfelde. Im binocularen Sehfelde gilt diejenige Linie für horizontal, in welcher das binoculare Sehfeld die absolute Horizontalebene schneidet. Das Retinabild derjenigen für das binoculare Sehen horizontalen Linie, die durch den fixirten Punkt geht, ist in demjenigen grössten Kreise der Netzhaut gelegen, in welchem die Visirebene die Netzhaut schneidet. Ziehen wir dagegen nur ein Auge in Betracht, so ist als ebenes Sehfeld für monoculares Sehen diejenige Ebene zu bezeichnen, auf welcher die Sehaxe des einen Auges im monocular fixirten Punkte senkrecht steht, und in diesem monocularen Sehfelde gilt diejenige Linie für horizontal, in welcher eine durch den monocular fixirten Punkt gelegte absolute Horizontalebene das monoculare Sehfeld schneidet. Denken wir uns durch diese eben definirte im monocularen Sehfelde horizontale Linie und durch die Sehaxe des betreffenden Auges eine Ebene gelegt, die also senkrecht auf dem monocularen Sehfelde steht, so ist diese Ebene als das Analogon zur Visirebene des binocularen Sehens zu bezeichnen; wir wollen diese Ebene die (monoculare) Sehebene, im Gegensatz zu der (binocularen) Visirebene nennen.

Nun giebt es solche Richtungen der Sehaxen, bei denen die eben erörterten Begriffe für binoculares und monoculares Sehen entweder sämmtlich oder zum Theil zusammenfallen. Ersteres ist der Fall bei sagittaler Richtung der Sehaxen: dann fallen das binoculare und das monoculare Sehfeld zu-

sammen, oder sind parallele Ebenen; Visirebene und Sehebene fallen zusammen und somit ist die im binocularen Sehfelde Horizontale auch die im monocularem Sehfelde Horizontale. Theilweises Zusammenfallen jener Begriffe findet zweitens dann statt, wenn die Sehaxen horizontal gerichtet sind; dann liegen Visirebene und Sehebene horizontal, das binoculare und das monoculare Sehfeld fallen zwar im Raume, mit Ausnahme der sagittalen Richtung der Sehaxen, nicht zusammen, aber dennoch decken sich die Retinabilder der im binocularen und monocularen Sehfelde horizontalen Linie. Bei allen übrigen Richtungen der Sehaxe aber gehen jene Begriffe auseinander, was für unsere Untersuchung das Interesse hat, dass dann das Retinabild der im binocularen Sehfelde horizontalen Linie nicht mit dem der im monocularen Sehfelde Horizontalen zusammenfällt.

Zur Veranschaulichung dieser Verhältnisse soll die Fig. III dienen. Es bedeutet C den Augenmittelpunkt (des linken Auges). Im Innern des Auges ist ein im Raume festes rechtwinkliges Coordinatensystem angedeutet, wovon drei Halbaxen mit EC, FC und HC bezeichnet sind. Die Axe HC steht vertical; die transversale Axe FC trifft in ihrer Verlängerung den Mittelpunkt des anderen Auges, stellt somit die Grundlinie vor, und der Punkt G bedeutet den Mittelpunkt der Grundlinie. Die Axe EC steht demnach rechtwinklig zur Grundlinie in der Horizontalebene, sie bezeichnet die sagittale Richtung der Sehaxe, wenn die Longitudo und Latitudo = Null sind, diejenige Richtung, die wir als Anfangsstellung bezeichnen, von der wir ausgehen. Der Punkt P ist der fixirte Punkt, und die Linie pCP stellt die nasenwärts und unter den Horizont gerichtete Sehaxe vor. Die Ebene CAPG ist die unter dem Winkel NPK, der mit n' bezeichnet ist, geneigte Visirebene, welche in der Linie AB die durch P gelegte Horizontalebene schneidet. GP ist rechtwinklig zur Grundlinie auf deren Mitte in der Visirebene gezogen, und da diese Linie den fixirten Punkt trifft, so ist die gezeichnete Augenstellung eine solche, die mit symmetrischer Stellung des andern Auges verbunden ist. So wie AB rechtwinklig zu GP steht und die im binocularen Sehfelde horizontale Linie vorstellt, so ist die Linie DP rechtwinklig zu der Sehaxe CP in der durch P gelegten Horizontalebene gezogen. Die durch die Punkte C, D und P gelegte Ebene ist diejenige, die wir als (monoculare) Sehebene bezeichnen wollten, welche mit der Horizontalebene den Winkel MPL, in der Figur mit n bezeichnet, einschliesst. DP ist die im monocularen Sehfelde

horizontale Linie. Zur besseren Orientirung mag die Grundrissfigur IV dienen, in welcher die Buchstaben die entsprechenden Punkte der Figur III grade von oben gesehen bezeichnen. Die Visirebene CAPG schneidet die Netzhaut in dem grössten Kreise Fpa, das Bild des Punktes P liegt in p, das des Punktes A in a. Die Sehebene CDP schneidet die Netzhaut in dem grössten Kreise Ipd, das Bild des Punktes D liegt in d; pa auf der Netzhaut ist das Bild von PA, pd ist das Bild von PD. Diese beiden Retinabilder schliessen am Mittelpunkte der Netzhaut p den mit δ bezeichneten Winkel ein.

Die Retinabilder pa und pd fallen zusammen entweder wenn DP in die Richtung von AP fällt, d. h. wenn die Sehaxe in der Richtung der sagittalen Axe EC rechtwinklig zur Grundlinie steht; oder wenn DP in der Visirebene wenigstens gelegen ist, d. h. wenn nur die Sehebene mit der Visirebene zusammenfällt, was der Fall ist, wenn beide horizontal gelegen sind. In den beiden eben bezeichneten Reihen von Sehaxenrichtungen ist also der Winkel δ = Null.

Betrachten wir nun den Apparat, an welchem unsere Versuche angestellt werden sollen, so erkennt man sofort, dass die in ihren Nullpunkt d. h. rechtwinklig zu dem Halbkreise CD (Fig. I) eingestellte Beobachtungslinie, die den fixirten Punkt mit dem Centrum des schwarzen Fleckes verbindet, zu dem im Mittelpunkte des Halbkreises befindlichen Auge stets in dem Verhältniss steht, wie die Linie DP in Fig. III zu dem dort angedeuteten Auge, dass die Scheibe F (und E) stets bei allen Richtungen der Sehaxe die Ebene repräsentirt, welche wir das monoculare Sehfeld genannt haben, auf welchem die Sehaxe im fixirten Punkte allemal senkrecht steht.

So wird es nun auch einleuchten, dass, wenn die Sehaxe eine Richtung hat, die der Art nach mit der in Fig. III gezeichneten übereinstimmt, d. h. eine solche, bei der weder die Latitudo noch die Longitudo = Null ist, bei der also die Retinabilder pa und pd nicht zusammenfallen, stets von einer auf die Sehaxe projicirten Drehung des Auges die Rede sein kann und muss, so fern ja stets der Winkel δ irgend einen Werth, der nicht = Null ist, hat. Denn diejenigen Retinapunkte, auf welche in der Anfangsstellung beide Bilder, pa und pd, zugleich fielen, können natürlich nun nicht auch noch von beiden Bildern getroffen werden, da pa und pd nicht mehr zusammenfallen. Es sind drei Fälle denkbar: 1) das Auge könnte aus der Anfangsstellung in die Stellung III (so bezeichnen wir kurz die in Fig. III der Art nach angedeutete) so gedreht werden, dass das Bild pa auf

die gleichen Netzhautpunkte, wie in der Anfangsstellung, trifft. 2) Die Drehung könnte so geschehen, dass das Bild p d auf die gleichen Netzhautpunkte fällt, wie in der Anfangsstellung. 3) Die Drehung kann so geschehen, dass weder p a noch p d dieselben Netzhautpunkte erregt, wie in der Anfangsstellung. Der erste Fall würde bedeuten, dass für b i n o c u l a r e s Sehen keine auf die Sehaxe projicirte Drehung stattfand beim Uebergang der einen Augenstellung in die andere, denn die im binocularen Sehfelde horizontale Linie hat ihr Bild in der Anfangsstellung und in der Stellung III auf den gleichen Netzhautpunkten. Dann aber würde für m o n o c u l a r e s Sehen, für die Projection der Netzhaut auf das monoculare Sehfeld eine auf die Sehaxe projicirte Drehung von der Grösse des Winkels δ vorhanden sein. Der zweite Fall würde bedeuten, dass für m o n o c u l a r e s Sehen keine auf die Sehaxe projicirte Drehung stattfand, denn die im monocularen Sehfelde horizontale Linie würde ihr Bild in der Anfangsstellung und in der Stellung III auf den gleichen Netzhautpunkten haben; aber für b i n o c u l a r e s Sehen würde jetzt eine auf die Sehaxe projicirte Drehung von der Grösse des Winkels δ vorhanden sein, die natürlich in entgegengesetzter Richtung erfolgt zu sein scheinen würde gegenüber der im ersten Falle vorhandenen analogen Drehung. Endlich der dritte Fall bedeutet, dass sowohl für binoculares, wie für monoculares Sehen eine auf die Sehaxe projicirte Drehung stattfand, und zwar entweder für beide Beziehungen in gleichem Sinne und dann stets um den Winkel δ verschieden, dann nämlich, wenn die Netzhautpunkte, auf die in der Anfangsstellung die Bilder p a und p d zugleich fielen, der (beziehungsweise) horizontale Meridian der Netzhaut wie wir dieselben nennen können, in Stellung III oberhalb p a oder unterhalb p d gelegen sein sollten; oder aber für beide Beziehungen in entgegengesetzter Richtung, wenn der horizontale Meridian in Stellung III zwischen p a und p d gelegen sein sollte.

Eine Augenstellung also von der Art, wie die Stellung III bezüglich des von uns zum Grunde gelegten Coordinatensystems, bei der die Longitudo und die Latitudo nicht = Null sind, ist gar nicht denkbar, ohne eine in irgend einer Beziehung wenigstens vorhandene auf die Sehaxe projicirte Drehung, und ebenso ist es natürlich auch, wenn wir irgend ein anderes festes Coordinatensystem zum Grunde gelegt hätten und eine in Bezug auf dieses der Stellung III entsprechende Richtung der Sehaxe in Betracht zögen. Es würde demnach auf einem Mangel des Verständnisses von dem, um was es sich handelt,

beruhen, wenn man etwa aus irgend welchen aprioristischen Gründen oder nach ungeschickt angestellten Versuchen schlechtweg die Existenz oder das Vorkommen von auf die Sehaxe projicirten Drehungen überhaupt in Abrede stellen wollte; es kann sich nur darum handeln, was für ein Fall von den drei überhaupt möglichen, am Auge realisirt ist, bei denen allen der Begriff der auf die Sehaxe projicirten Drehung existirt.

Die beiden unter 1 und 2 aufgeführten Möglichkeiten, wenn nämlich entweder nur für monoculares oder nur für binoculares Sehen eine auf die Sehaxe projicirte Drehung stattfände, sind natürlich jede ein ganz bestimmt characterisirter Fall, jede von beiden bedeutet ein ganz bestimmtes mechanisches Princip, nach welchem die Drehungen des Auges erfolgen würden. Ich habe beide Fälle von dem Gesichtspunkt der Mechanik aus, also von der entgegengesetzten Seite her, erörtert in dem Aufsatz: zur Lehre von den Bewegungen des Auges im Archiv für Ophthalmologie II. 1., daher ich in dieser Beziehung auf das dort Abgeleitete verweise (§. 3 u. 4) und nur daran erinnere, dass dort ein anderes festes Coordinatensystem zum Grunde gelegt wurde, in Folge dessen dort die Longitudo von einem anderen Nullpunkte aus gezählt wird, und die für monoculares Sehen betrachtete auf die Sehaxe projicirte Drehung auf eine Linie bezogen wird, welche nicht die Bedeutung der Linie PD hat, sondern derselben nur analog ist, worauf ich unten noch zurückkomme. Der als dritter oben bezeichnete Fall ist nur negativ characterisirt und schliesst natürlich eine unendlich grosse Anzahl möglicher Fälle in sich: wenn die Netzhautpunkte, die von den in der Anfangsstellung zusammenfallenden Bildern pa und pd erregt werden, in der Stellung III weder mit pa noch mit pd zusammenfallen, so sind damit nur zwei mögliche Lagen ausgeschlossen, und unendlich viele andere sind denkbar.

Wenn wir nun irgend welche Beobachtungen anstellen wollen über die Lage eines oder einer Reihe von Netzhautpunkten, eines Netzhautmeridians bei verschiedenen Richtungen der Sehaxe, so müssen wir uns zuvor darüber verständigen, auf welches Coordinatensystem oder auf welche nach einem bestimmten Coordinatensystem ihrer Lage nach bekannte Linie etwa wir die Lage jener Netzhautpunkte beziehen wollen. Natürlich könnten wir zwischen unendlich vielen solcher Beziehungslinien wählen. Für unsere Versuche aber liegt es offenbar am Nächsten, wenn wir nur zwischen den Linien PA und PD im Raume, resp. deren Retinabildern wählen.

PA und PD sind räumlich ganz bestimmt nach der oben gegebenen Definition und somit auch ihre Retinabider.

Man könnte nun von vorn herein der Meinung sein, es sei wiederum bei der Wahl zwischen diesen beiden Linien am Einfachsten, unsere Angaben über die Lage des in Betracht gezogenen Netzhautmeridians auf die Lage des Bildes p d zu beziehen, weil ja die Linie P D, deren Bild eben p d ist, selbst die sogenannte Beobachtungslinie vorstellt, die allemal soweit gedreht werden soll im Punkte P, bis das Bild von D, d. i. der Mittelpunkt des schwarzen Fleckes auf den Mittelpunkt des Mariotte'schen Fleckes fällt. Unsere Angaben würden dann einfach bestehen in der Verzeichnung der Winkel, um welche P D aus der Anfangslage gedreht werden musste nebst Bezeichnung der Richtung dieser Drehung. Aber die Angabe dieser Winkel würde die Frage, die gestellt werden muss, noch nicht ohne Weiteres erschöpfend beantworten; denn für alle Fälle, besonders aber wenn die Drehung des Auges so erfolgen sollte, dass sowohl für binoculares, wie für monoculares Sehen eine auf die Sehaxe projicirte Drehung stattfindet, müssen wir auch zu wissen wünschen, wie gross diese Drehung für binoculares Sehen ist, d. h. also in Bezug auf die Linie P A, resp. deren Retinabild p a. Um diesen Winkel, die Drehung in dieser Beziehung aus jenen direct erhaltenen Angaben ebenfalls kennen zu lernen, müssen wir den Winkel kennen, den die Retinabilder p a und p d einschliessen, den Winkel δ. Da wir also jedenfalls diesen Winkel δ berücksichtigen und in Rechnung bringen müssen, so ist es nun vortheilhaft, wenn wir mit Hülfe der Kenntniss dieses Winkels δ unsere Angaben sofort, statt auf P D resp. p d, auf P A resp. p a beziehen, nämlich auf die im binocularen Sehfelde horizontale Linie oder deren Retinabild, und zwar aus folgendem Grunde. — Denken wir uns im fixirten Punkte als Mittelpunkt ein rechtwinkliges Coordinatensystem, welches bei den Bewegungen des fixirten Punktes nur parallel mit sich verschoben wird, also ein relativ festes Coordinatensystem, so ändert sich die Lage der Linie P A, d. i. die im binocularem Sehfelde horizontale Linie, nach unserer Definition von dieser Linie in Bezug auf dieses Coordinatensystem durchaus nicht bei den verschiedenen der Sehaxe ertheilten Richtungen, so dass wir also in der Linie P A eine in Bezug auf jenes relativ feste Coordinatensystem feste, unbewegliche Linie haben. Dagegen ändert sich die Lage der Linie P D, d. i. die im monocularen Sehfelde Horizontale, unsere Beobachtungslinie bevor sie gedreht ist, in Bezug auf jenes Coordi-

natensystem mit den Bewegungen der Sehaxe oder des fixirten Punktes; PD ist eine in Bezug auf jenes relativ feste Coordinatensystem bewegliche Linie. Daher ist es jedenfalls vortheilhafter, irgend welche Bewegungen eines Netzhautmeridians auf die Linie PA resp. deren Bild pa, nämlich auf die relativ unbewegliche Linie zu beziehen, als auf PD, resp. pd, deren eigene Bewegung doch erst wieder müsste nach irgend einem unbeweglichen Coordinatenpaar angegeben und berücksichtigt werden. Der Vortheil aber, der im Allgemeinen damit verbunden ist, die untersuchte Bewegung auf die relativ feste Linie PA zu beziehen, wird besonders zum Vorschein kommen, wenn es sich etwa herausstellt, dass die beliebig von uns zur Anfangsstellung oder Ausgangsstellung gewählte Sehaxenrichtung, für die wir, als zunächst am Bequemsten, die Nullpunkte unserer Skalen festgesetzt haben, nicht diejenige Richtung der Sehaxe ist, für die als „Primärstellung" sich in einem einfachen Ausdruck die zur Beobachtung kommenden auf die Sehaxe projicirten Drehungen sofort ordnen, für welche als Anfangsstellung sich die übrigen Augenstellungen als nach einem möglichst einfachen Ausdrucke, Principe abgeleitete übersichtlich darstellen lassen. Denn wenn sich mit der Eingangs gewählten Anfangsstellung keine übersichtliche Ordnung, kein System der übrigen Augenstellungen bezüglich der auf PD resp. pd bezogenen Angaben über die Lage der Netzhaut ergeben sollte, so müssten wir doch versuchen, ob vielleicht bei dieser oder jener Umformung des zum Grunde gelegten Coordinatensystems und der darauf bezogenen Begriffe sich irgend eine Ordnung herstellen lasse, während die auf PA bezüglichen Angaben sofort ein etwaiges Princip, eine etwaige Anordnung sämmtlicher Augenstellungen übersehen und erkennen lassen, da PA für jede beliebige Richtung der Sehaxe, welche als „Primärstellung", als Mittelpunkt für ein System, bezeichnet werden müsste, die gleiche Lage hat, wie oben erörtert wurde. Die Belege für das eben Angedeutete werden sich unten beim Ueberblicken der ersten Tabelle ergeben; auch werden wir auf das eben Bemerkte zurückkommen.

Es sollen also die auf die Sehaxe projicirten Drehungen auf das Bild der Linie PA, auf den grössten Kreis, in welchem die Visirebene die Netzhaut schneidet, bezogen werden, und dafür muss zunächst der Winkel δ bekannt sein. Dieser Winkel kann durch Rechnung und durch die Beobachtung gefunden werden. Ich habe früher (zur Lehre v. d. Bew. d. Augen) angegeben, in welcher Beziehung der Winkel δ zu

zwei anderen Winkeln steht, die bei den Versuchen genau gemessen werden können. Es kam nämlich a. a. O. das Analogon des Winkels δ in Betracht, wurde aber nicht gemessen zwischen p a und einem grössten Kreise, der p d entspricht, sondern zwischen den zwei auf diesen beiden senkrechten grössten Kreisen, und es wurde der betreffende Winkel dort mit n bezeichnet. Der Winkel δ ist nämlich eine Function der beiden Winkel, die die Longitudo und die Latitudo der Sehaxe bezeichnen. Es ist

$$\cot \delta = \frac{\cot n'}{\sin \alpha'}$$

wenn mit n' der Winkel bezeichnet wird, den die Visirebene mit der Horizontalebene einschliesst, und mit α' der Winkel, welchen die Sehaxe mit der Linie G P einschliesst, die rechtwinklig zur Grundlinie in der Visirebene gelegen ist. Bei den Versuchen aber mit unserem Apparat werden nicht diese beiden Winkel n' und α' direct gemessen, sondern zwei entsprechende Winkel n und α, der Winkel nämlich den die Sehaxe oder Sehebene, nicht die Visirebene, mit der horizontalen einschliesst, und der Winkel, welchen die Linie L P mit der Linie K P (Fig. III) einschliesst, d. h. der Winkel, den die durch die Sehaxe gelegte Verticalebene mit der durch G P gelegten Verticalebene oder den die Projection der Sehaxe auf die Horizontalebene mit der Projection von G P auf dieselbe einschliesst. Wir müssen also die Cotangente von δ ausdrücken als Function der beiden Winkel n und α; da $\cot n' = \cos \alpha \,.\, \cot n$ und $\sin \alpha' = \sin \alpha \,.\, \cos n$: so ist

$$\cot \delta = \frac{\cot \alpha}{\sin n}.$$

Auch durch directe Messung lässt sich, wie gesagt, der Winkel δ finden, und es ist der Grad der Uebereinstimmung dieser Messung mit dem aus obiger Formel berechneten Werth ein Maass für die Genauigkeit der Construction des Apparats. Die Messung aber besteht darin, dass man die sog. Beobachtungslinie, deren Anfangsstellung der Linie P D (Fig. III) entspricht, so dreht, dass sie in die Visirebene zu liegen kommt, so dass also ihr Retinabild mit dem der Linie P A zusammenfällt; mit anderen Worten, man dreht die Beobachtungslinie P D aus der für das monoculare Sehfeld horizontalen Richtung in die Richtung, dass ihr Retinabild mit demjenigen der im binocularen Sehfelde Horizontalen zusammenfällt. Um dies auszuführen, kann man vor die Beobachtungslinie eine der Grundlinie parallele Linie, (eine Kante oder einen gespannten Faden) bringen, der verlängert den Punkt P

schneidet, also eine der Linie PA entsprechende Grade und dann dreht man die Scheibe F so weit, bis die Beobachtungslinie von jener PA entsprechenden gedeckt wird. Der Winkel, um welchen man drehen muss bis zu diesem Punkte ist der Winkel δ. Der Winkel aber, um welchen man dann noch die Beobachtungslinie drehen muss, damit der schwarze Fleck zum Verschwinden kommt, ist unmittelbar der Betrag der auf die Sehaxe projicirten Drehung im binocularen Sehfelde. Sind die Beobachtungen genau, so muss es zu demselben Resultate führen, ob man zuerst das Bild der Beobachtungslinie PD in die Richtung des Bildes von PA bringt und dann den eigentlichen Versuch anstellt, oder ob man sofort aus der Richtung PD in die Richtung dreht, bei der der schwarze Fleck verschwindet und dann den Winkel δ durch Rechnung in Abzug bringt.

Für die folgende Zusammenstellung der Beobachtungen ist folgende Zeichenerklärung erforderlich. Die Latitudo wird bezeichnet durch den Winkel α, welchen die durch die Sehaxe gelegte Verticalebene mit der durch PG gelegten Verticalebene einschliesst; also wir messen die Latitudo zunächst durch den Winkel, welchen die Projectionen der Sehaxe und der zur Grundlinie in der Visirebene Normalen auf die Horizontalebene einschliessen. Der Winkel α wird positiv genommen, wenn die Sehaxe nasenwärts gerichtet ist, und der Winkel α ist = Null, wenn die Sehaxe rechtwinklig zur Grundlinie gerichtet ist. Die Longitudo wird gemessen durch den Winkel n, d. i. der Winkel unter welchem die Sehaxe oder die Sehebene gegen den Horizont geneigt ist, und zwar wird n positiv genommen, wenn die Neigung nach vorn unter den Horizont stattfindet. Der Winkel m ist derjenige Winkel, um welchen die Beobachtungslinie PD aus ihrer Anfangslage, in welcher sie die im monocularen Sehfelde horizontale bildet, gedreht werden muss, damit das Bild des schwarzen Fleckes den Mariotte'schen Fleck deckt, (der Winkel m würde also die Angabe über die Lage der Netzhaut in Bezug auf die Linie PD in Fig. III sein, vergl. oben); die Drehung kann nach Unten und nach Oben erfolgen müssen: wir nennen den Winkel m positiv, wenn die Drehung des Punktes D (schwarzer Fleck) nach Unten geschehen muss, wenn also das Retinabild des schwarzen Flecks sich nach Oben bewegen muss, um auf den Mariotte'schen Fleck zu fallen. Die Bedeutung des Winkels δ ist bekannt. Dieser Winkel, oder das Bild von PD in der Anfangslage, kann oberhalb pa und unterhalb pa gelegen sein: wie man leicht sieht, liegt pd unter-

halb pa, wenn α und n positiv und wenn α und n negativ sind; oberhalb pa dagegen, wenn entweder α oder n negativ, das andere positiv ist. Der dem Winkel δ ausserhalb des Auges entsprechende Winkel, dessen Bild δ ist, verhält sich natürlich seiner Lage nach umgekehrt. Der Winkel δ soll eliminirt werden, d. h. statt des unmittelbar beobachteten Winkels m wollen wir einen Winkel ϑ kennen lernen, den der in Betracht gezogene Netzhautmeridian mit pa einschliesst: geben wir dem Winkel δ je nachdem er ausserhalb des Auges oberhalb PA oder unterhalb PA gelegen ist, je nachdem derselbe eine Drehung nach Unten oder nach Oben verlangt, das Vorzeichen, welches dem des Winkels m entspricht, so wird der Winkel δ eliminirt, wenn wir ihn mit diesem Vorzeichen in Subtraction bringen. Wir nennen δ also positiv, wenn PD oberhalb PA gelegen ist, so dass der Winkel δ durch Drehung der Beobachtungslinie nach Unten (entsprechend der Drehung $+$m) eliminirt wird. Es ist also $\pm m - \pm \delta = \pm \vartheta$. Der Rest, den wir mit $\pm \vartheta$ bezeichnen, ist der gesuchte Winkel, nämlich die auf die Sehaxe projicirte Drehung in Bezug auf die Linie PA resp. deren Bild pa oder in Bezug auf die im binocularen Sehfelde horizontale Linie. Es ist derselbe Winkel, den ich auch früher in dem Aufsatz: zur Lehre v. d. Bew. d. A. mit dem Zeichen ϑ bezeichnet habe, nur dass dort dieser Winkel auf die im binocularen Sehfelde Verticale bezogen wurde. Das Vorzeichen von ϑ deutet natürlich die Richtung dieser auf die Sehaxe projicirten Drehung an, und zwar bedeutet das positive Zeichen, dass sich der Meridian der Netzhaut, in dem der Mittelpunkt des Mariotte'schen Fleckes gelegen ist, nach Oben gedreht hat, denn dann ist ϑ das Bild eines Winkels, der (ausserhalb des Auges) unterhalb der horizontalen Linie PA gelegen ist, der also eine Drehung nach Unten bedeutet, und dieser Winkel, eine Drehung ausserhalb des Auges, ist es ja, welche aus der Gleichung $\pm m - \pm \delta = \pm \vartheta$ zunächst resultirt, nämlich mit dem Vorzeichen, welches den Vorzeichen von m und δ, die als Drehungen ausserhalb des Auges gemessen werden, in der Bedeutung entspricht.

	n ‖	$\alpha =$	Nasenwärts. +30°	+20°	+10°	0°	Schläfenwärts. −10°	−20°	−30°
Oberhalb der Horizontalen.	−30°	m	− 3°	0	+ 2°	0	+ 3°	+ 6°	+10°
		δ	−16°	−10°,5	− 5°	0	+ 5°	+10°,5	+16°
		ϑ	+13°	+10°,5	+ 7°	0	− 2°	− 4°,5	− 6°
	−15°	m	+ 0°,5	+ 1°,5	+ 2°,5	0	+ 1°,5	+ 3°	+ 5°
		δ	− 8°,5	− 5°,5	− 2°,5	0	+ 2°,5	+ 5°,5	+ 8°,5
		ϑ	+ 9°	+ 7°	+ 5°	0	− 1°	− 2°,5	− 3°,5
	0°	m	+ 7°	+ 5°	+ 4°	0	0	0	0
		δ	0	0	0	0	0	0	0
		ϑ	+ 7°	+ 5°	+ 4°	0	0	0	0
Unterhalb der Horizontalen.	+15°	m	+12°,5	+ 8°,5	+ 5°	0	− 1°,5	− 2°,5	− 5°
		δ	+ 8°.5	+ 5°,5	+ 2°,5	0	− 2°,5	− 5°,5	− 8°,5
		ϑ	+ 4°	+ 3°	+ 2°,5	0	+ 1°	+ 3°	+ 3°,5
	+30°	m	+19°	+13°	+ 7°	0	− 3°	− 6°	− 9°,5
		δ	+16°	+10°,5	+ 5°	0	− 5°	−10°,5	−16°
		ϑ	+ 3°	+ 2°,5	+ 2°	0	+ 2°	+ 4°,5	+ 6°,5
	+35°	m	+20°,5	+14°	+ 7°,5	0	− 3°	− 7°	−10°
		δ	+18°,5	+12°	+ 6°	0	− 6°	−12°	−18°,5
		ϑ	+ 2°	+ 2°	+ 1°,5	0	+ 3°	+ 5°	+ 8°,5
	+40°	m	+20°,5	+14°	+ 7°	0	− 3°	− 7°,5	−11°
		δ	+20°,5	+13°	+ 6°,5	0	− 6°,5	−13°	−20°,5
		ϑ	0	+ 1°	+ 0°,5	0	+ 3°,5	+ 5°,5	+ 9°,5
	+45°	m	+21°	+14°,5	+ 7°	0	− 3°	− 8°	−12°
		δ	+22°	+14°,5	+ 7°	0	− 7°	−14°,5	−22°
		ϑ	− 1°	0	0	0	+ 4°	+ 6°,5	+10°
	+50°	m	+21°,5	+14°,5	+ 7°	0	− 3°	− 8°,5	−13°
		δ	+24°	+15°,5	+ 7°,5	0	− 7°,5	−15°,5	−24°
		ϑ	− 2°,5	− 1°	− 0°,5	0	+ 4°,5	+ 7°	+11°

Ich habe 63 verschiedene Richtungen der Sehaxe in Betracht gezogen, welche auf der Tabelle I nach der Longitudo und Latitudo geordnet sind. In dieser Tabelle ist für jede Schaxenrichtung der Winkel δ aufgeführt: derselbe wurde bis auf die Minute natürlich berechnet, dann jedoch so abgerundet, dass wir nur halbe Grade haben, indem zwischen 15 und 45 Minuten für einen halben Grad, was darüber war für einen ganzen Grad und was darunter war gar nicht gerechnet wurde. Sämmtliche Versuche sind 6 bis 8 Mal angestellt, und der in der Tabelle aufgeführte Winkel m ist das Mittel dieser Beobachtungen, die in der That nur um Weniges differirten, in einzelnen Fällen gar nicht. Der Winkel ϑ wird also erhalten durch Subtraction, $\vartheta = m - \delta$. In Bezug auf diesen Winkel ist noch eine Bemerkung nöthig. In der Anfangsstellung bei Longitudo = 0, Latitudo = 0 wurde die Lage des horizontalen Netzhautmeridians = Null gesetzt, weil dies am Bequemsten; es bedeutet dies aber nicht, dass jener Meridian in der That genau horizontal liegt; in der That liegt in meinem Auge bei jener Sehaxenrichtung der Netzhautmeridian, welcher durch die Mitte des Mariotte'schen Flecks und den Punkt des deutlichsten Sehens geht, so, dass er einen Winkel von 2^0 mit dem Meridian einschliesst, in welchem die Visirebene die Netzhaut schneidet: überall also, wo der Winkel ϑ = Null verzeichnet ist, muss in der That die Beobachtungslinie um 2^0 unter ihren Nullpunkt, d. h. aus der horizontalen Richtung gedreht gedacht werden, und es versteht sich, dass bei allen anderen Angaben diese 2^0 mit dem entsprechenden Vorzeichen in Subtraction gebracht worden sind.

In den horizontalen Reihen der Tabelle ändert sich die Latitudo von 30^0 nasenwärts bis zu 30^0 schläfenwärts von 10 zu 10^0; in den Verticalreihen ändert sich die Longitudo von 30^0 über dem Horizont bis zu 50^0 unter dem Horizont, anfangs von 15 zu 15^0, dann von 5 zu 5^0. Der besseren Uebersichtlichkeit halber führen wir in der folgenden Tabelle nur den Winkel ϑ auf; da aber sämmtliche in obiger Tabelle verzeichnete Augenstellungen in zwei grosse Gruppen zerfallen, nämlich in mediale $(+\alpha)$ und in laterale $(-\alpha)$, deren jede einer besonderen Erörterung bedarf, so betrachten wir zunächst nur die medialen Sehaxenrichtungen in Verbindung mit den sagittalen.

Tabelle II.

n ‖	$\alpha = +30^0$	$\alpha = +20^0$	$\alpha = +10^0$	$\alpha = 0^0$
-30^0	$+13^0$	$+10^0,5$	$+ 7^0$	0
-15^0	$+ 9^0$	$+ 7^0$	$+ 5^0$	0
0^0	$+ 7^0$	$+ 5^0$	$+ 4^0$	0
$+15^0$	$+ 4^0$	$+ 3^0$	$+ 2^0,5$	0
$+30^0$	$+ 3^0$	$+ 2^0,5$	$+ 2^0$	0
$+35^0$	$+ 2^0$	$+ 2^0$	$+ 1^0,5$	0
$+40^0$	0	$+ 1^0$	$+ 0^0,5$	0
$+45^0$	$- 1^0$	0	0	0
$+50^0$	$- 2^0,5$	$- 1^0$	$- 0^0,5$	0

Verfolgt man in dieser Tabelle die ersten drei Verticalreihen von Oben nach Unten, so zeigt sich in jeder eine von 30^0 über dem Horizont an stattfindende continuirliche Abnahme des Winkels ϑ mit positivem Vorzeichen, welcher bei einer Neigung der Sehaxe von 40^0—45^0 unter den Horizont = Null wird, um bei noch grösserer Neigung unter den Horizont mit negativen Vorzeichen wieder zu erscheinen. Uebersieht man die horizontalen Reihen, wie sie durch Abnahme der medialen Richtung der Sehaxe von 30^0 bis zu sagittaler Richtung entstehen, so zeigt sich ebenfalls in jeder Reihe continuirliche Abnahmne des Winkels ϑ, und bei sagittaler Richtung ist ϑ bei jeder Neigung = Null. Nur zwei Ausnahmen finden sich: nämlich in der ersten Verticalreihe bei $\alpha = +30^0$ und $n = +35^0$ und $+40^0$. Die dort verzeichneten Werthe für ϑ sollten, so scheint es, grösser sein, und namentlich scheint es, gegenüber der Regelmässigkeit im Uebrigen, auffallend, dass in der ersten Verticalreihe schon bei 40^0 Neigung unter den Horizont der Winkel $\vartheta = 0$ ist, während dies in den beiden folgenden Reihen erst bei $+45^0$ Neigung der Fall ist. Aber diese scheinbaren Ausnahmen von der durch die übrigen Zahlen dargestellten Regel gehen sofort in ein ganz regelmässiges Verhalten über, wenn man die Sehaxenrichtungen in anderer Weise bezeichnet, wenn man die Longitudo und Latitudo in anderer Weise ausdrückt. In Folge der Einrichtung unseres Apparats nämlich haben wir die Winkel, die die Latitudo und Longitudo der Sehaxe bezeichnen,

durch die Winkel α und n (Fig. III) gemessen. Wir können aber die Sehaxenrichtung ebensowohl durch die Winkel α' und n' ausdrücken, nämlich durch die Neigung der Visirebene gegen den Horizont (n') und durch den Winkel (α'), den die Sehaxe in der Visirebene mit der Linie PG einschliesst. Diese beiden Winkel sind es, durch welche ich bei meinen früheren Versuchen mit Doppelbildern die Richtung der Sehaxe ausgedrückt habe. Der Winkel n' ist nun in den meisten der in obiger Tabelle aufgeführten Sehaxenrichtungen nicht sehr verschieden von dem entsprechenden Winkel n, aber bei erheblicher Grösse von α und n zugleich macht sich die Differenz so geltend, dass wir sie berücksichtigen müssen. Die Winkel α' und n' lassen sich leicht aus α und n berechnen, und in der nebenstehenden Tabelle sind dieselben Augenstellungen, die wir in der Tabelle II mit α und n ausgedrückt haben, durch die Winkel α' und n' bezeichnet. (α' und n' sind, wie oben, abgerundet.)

(Siehe nebenstehende Tabelle.)

Nun zeigt sich also, dass der Winkel ϑ in den drei ersten Verticalreihen = Null ist da, wo der Neigungswinkel der Visirebene unter dem Horizont 44^0, 46^0 und $45^0{,}5$ beträgt, im Mittel also 45^0; ausserdem ist ϑ = Null, wenn α (oder α') = Null ist, also bei sagittaler Richtung der Sehaxe, welchen Werth dabei auch n haben mag. Dadurch aber bestätigt sich zunächst das Hauptergebniss meiner früheren Versuche mit Doppelbildern, welche ebenfalls ergaben, dass im binocularen Sehfelde keine auf die Sehaxe projicirte Drehung bei den eben genannten Richtungen der Sehaxe vorhanden ist, dass sich diese Augenstellungen sämmtlich auf die gleiche Weise verhalten bezüglich der Lage der Netzhaut zum binocularen Sehfelde. — Ebenso stimmt es mit meinen früheren Beobachtungen vollkommen überein, dass bei allen übrigen medialen Augenstellungen für binoculares Sehen eine auf die Sehaxe projicirte Drehung existirt, ein Winkel ϑ, der positives Vorzeichen hat, wenn die Sehaxe oberhalb der Neigung der Visirebene von $+ 45^0$ sich befindet, negatives, wenn unterhalb derselben, und dass dieser Winkel ϑ in der Weise wächst, wie es die Tabelle ergiebt. Die absoluten Werthe für ϑ wollen wir keiner speciellen Vergleichung mit den früher erhaltenen Werthen unterziehen; es genügt, dass sie sehr ähnlich sind und mehr darf nicht erwartet werden, weil die Beobachtungsdata weder der einen noch der andern Methode auf absolute Genauigkeit Anspruch machen können. —

Tabelle III.

α'	+25°,5	+17°	+ 8°,5	0
n'	—33°,5	—31°,5	—30°,5	—30°
ϑ	+13°	+10°,5	+ 7°	0
α'	+29°	+19°,5	+ 9°,5	0
n'	—17°	—16°	—15°	—15°
ϑ	+ 9°	+ 7°	+ 5°	0
α'	+30°	+20°	+10°	0
n'	0	0	0	0
ϑ	+ 7°	+ 5°	+ 4°	0
α'	+29°	+19°,5	+ 9°,5	0
n'	+17°	+16°	+15°	+15°
ϑ	+ 4°	+ 3°	+ 2°,5	0
α'	+25°,5	+17°	+ 8°,5	0
n'	+33°,5	+31°,5	+30°,5	+30°
ϑ	+ 3°	+ 2°,5	+ 2°	0
α'	+24°	+16°,5	+ 8°	0
n'	+39°	+37°	+35°,5	+35°
ϑ	+ 2°	+ 2°	+ 1°,5	0
α'	+22°,5	+15°	+ 7°,5	0
n'	+44°	+42°	+40°,5	+40°
ϑ	0	+ 1°	+ 0°,5	0
α'	+21°	+14°	+ 7°	0
n'	+49°	+46°	+45°,5	+45°
ϑ	— 1°	0	0	0
α'	+19°	+13°	+ 6°,5	0
n'	+54°	+52°	+50°,5	+50°
ϑ	— 2°,5	— 1°	— 0°,5	0

Durch die drei Winkel α', n' (oder dafür α und n) und ϑ ist die Lage des Auges in jedem Falle vollkommen bestimmt. Es ist nun unzweifelhaft, dass, wie auch und von welcher Stellung aus die Sehaxe in irgend eine gewisse Richtung gedreht wird, die Lage des Auges bei dieser Richtung der Sehaxe stets die gleiche ist, also z. B. bei 19° über den Horizont geneigter Visirebene und 16° in der Visirebene nasenwärts gerichteter Sehaxe beträgt nach unserer Tabelle die auf die Sehaxe projicirte Drehung stets +7°, auf welchem Wege auch die Sehaxe in jene Richtung mag gekommen sein: also von der Constanz der Lage des Auges bei bestimmter Sehaxen-

richtung gehen wir aus. Dann aber ist eine gewisse Lage des Auges bekannt, sobald wir angeben, um welche, wie gelegene Drehungsaxe das Auge aus irgend einer, beliebig zu wählenden natürlich der Lage des Auges nach bekannten Ausgangsstellung in jene zweite Stellung gedreht wird. Legen wir nun dieselbe Ausgangsstellung auch für alle übrigen Richtungen der Sehaxe in der entsprechenden Weise zum Grunde, d. h. betrachten wir alle übrigen Augenstellungen nur in ihrer Beziehung zu jener beliebig gewählten Ausgangsstellung, wie sie nämlich durch einfache Drehungen aus derselben entstehen, und drücken dies ebenfalls durch die Lage der Drehungsaxe aus, um die das Auge allemal aus seiner Ausgangsstellung gedreht wird, so erhalten wir in diesen Bestimmungen über die Lage der betreffenden Drehungsaxen einen Ausdruck, eine Formel, ein Gesetz, wenn man will, wornach jederzeit die Lage des Auges bei bestimmter Sehaxenrichtung berechnet werden kann, und wornach auch stets die Lage der Drehungsaxe berechnet werden könnte, um welche das Auge aus irgend einer beliebigen Lage in irgend eine andere beliebige Lage gedreht wird. Kurz wir können aus unseren obigen einzelnen Zahlenangaben, wenn sie genau und zahlreich genug sind, einen Ausdruck in Worten ableiten, der auf alle Fragen Antwort zu geben im Stande ist, die wir über das Wie der Augenbewegungen stellen können, sofern es möglich ist, für jede beliebige Drehung die Lage der Drehungsaxe zu berechnen. Natürlich muss es unsere Aufgabe sein, die gewonnenen Beobachtungsdata in der angedeuteten Weise zu verwerthen, dieselben in einen Ausdruck zusammenzufassen. Diese Aufgabe wird in dem Grade gut gelöst sein, als der abgeleitete Ausdruck einfach und übersichtlich ist. Die Einfachheit aber des zu gewinnenden Ausdrucks, die Uebersichtlichkeit der Anordnung in die wir die verschiedenen Augenstellungen bringen, hängt von zwei Momenten ab; bei dem ersten Moment handelt es sich darum, ob die einzelnen Augenlagen, wie sie zur Beobachtung kamen, irgend eine übersichtliche Stufenfolge erkennen lassen, d. h. ob eine Reihenfolge bezüglich der relativen Lage der Netzhaut, die durch die Werthe des Winkels ϑ gegeben ist, zusammenfällt mit irgend einer Reihenfolge bezüglich der Sehaxenrichtung; bei dem zweiten Moment handelt es sich darum, dass wir zu jener Ausgangsstellung auf die wir die übrigen Stellungen als abgeleitete beziehen wollen, diejenige wählen, welche den möglichst einfachen Ausdruck zulässt, zu welcher die übrigen Augenlagen sich in der möglichst einfachen Beziehung als abgeleitete darstellen. Die Be-

schaffenheit des ersten Moments ist also nur von der Natur der Sache abhängig, das zweite Moment möglichst günstig zu treffen hängt dagegen ganz von der Wahl ab, die wir treffen, wenn wir um eine einzige Augenstellung als Mittelpunkt so zu sagen alle übrigen ordnen. —

Ueberblicken wir nun die Beobachtungen für die medialen Sehaxenrichtungen, so zeigt sich, dass jenes erste Moment einer einfachen und Uebersichtlichkeit gewährenden Lösung der gestellten Aufgabe günstig ist, so fern in der That eine leicht erkennbare Reihenfolge bezüglich der Werthe des Winkels ϑ Hand in Hand geht mit einer für unsere Anschauungen und für die uns geläufigen räumlichen Beziehungen bequemen Reihenfolge der Sehaxenrichtungen. Wenn wir nun unter den zu Gebote stehenden Beobachtungen eine Augenstellung wählen sollen, um welche sich alle übrigen in möglichst übersichtlicher Weise als abgeleitete anordnen lassen, so werden wir offenbar am Besten thun, wenn es möglich ist, eine solche zu wählen, die qualitativ in einer hier in Betracht kommenden Beziehung vor allen übrigen ausgezeichnet ist; es brauchte keine solche zu geben trotz einer Regelmässigkeit im Uebrigen, und wir brauchten dieselbe, wenn vorhanden, auch nicht nothwendiger Weise zu unserer Ausgangsstellung zu wählen, aber wenn eine solche vorhanden ist, so versuchen wir es naturgemäss zuerst mit dieser. Eine vor allen übrigen Stellungen des Auges, die auf jener Tabelle verzeichnet sind, und, das lässt sich mit Sicherheit behaupten, auch vor allen zwischen den verzeichneten gelegenen, ausgezeichnete ist diejenige, bei der die Visirebene 45^0 unter den Horizont geneigt und die Sehaxe sagittal gerichtet ist, und zwar besteht die Auszeichnung darin, dass von dieser Stellung aus das Auge nach zwei, nicht diametral entgegengesetzten, Richtungen hin gedreht werden kann, ohne dass die Lage der Netzhaut zum binocularen Sehfelde eine Aenderung erleidet. Es bleibt nämlich der Werth des Winkels ϑ der gleiche, wenn ein Mal das Auge mit 45^0 geneigter Visirebene medialwärts gedreht wird und wenn zweitens das Auge mit sagittaler Richtung der Sehaxe aufwärts oder abwärts geneigt wird. Diese Eigenschaft (dass zugleich $\vartheta = 0$ ist, kommt noch nicht in Betracht) hat ausser jener keine einzige aller der in jener Tabelle verzeichneten Augenstellungen. Da wir nun für die Einrichtung unseres Apparats und bei der Ausführung der Versuche eine Stellung des Auges als Anfangsstellung zum Grunde gelegt haben, bei der die Sehaxe ebenfalls sagittal gerichtet ist, da wir also für diese Stellung die Lage des horizontalen Netzhautmeridians als im Nullpunkt,

die auf die Sehaxe projicirte Drehung als = Null bezeichnet haben, — ganz willkührlich, um eben einen Ausgangspunkt zu haben, — so kommt es nun, dass, da die Lage der Netzhaut sich nicht ändert, bei allen sagittalen Richtungen der Sehaxe, jene zur Ableitung des gesuchten Principes bedeutungsvolle Ausgangsstellung, nämlich bei $+45^0$ geneigter Visirebene und sagittaler Richtung der Sehaxe, noch nebenbei die Bequemlichkeit so zu sagen hat, dass bei derselben die auf die Sehaxe projicirte Drehung = Null gesetzt werden muss nach der zufällig oder willkührlich getroffenen Annahme für unsere Versuche, und dass nun ferner auch derselbe Character, nämlich $\vartheta = 0$, gilt für alle die Augenstellungen, in die das Auge eben aus jener Ausgangsstellung gedreht werden kann, ohne dass sich die Lage der Netzhaut bezüglich des binocularen Sehfeldes ändert. Es ist also nur ein günstiges Zusammentreffen von Umständen, eine zufällig glücklich getroffene Einrichtung unserer Versuche, dass bei jener Augenstellung, die für die Ableitung eines Principes bedeutungsvoll ist aus obigem Grunde, die auf die Sehaxe projicirte Drehung sofort, ohne etwa Umformungen der ursprünglich zum Grunde gelegten Coordinaten und der darauf bezüglichen Werthe von ϑ vornehmen zu müssen, = Null gesetzt werden kann, was zur Einfachheit des Ganzen zwar beiträgt, ohne jedoch ein ganz wesentliches Moment zu sein.

Jene Ausgangsstellung, auf welche wir alle übrigen als abgeleitete beziehen wollen, bezeichnen wir als „Primärstellung". Dieser gegenüber verhalten sich die sämmtlichen übrigen Augenstellungen nicht alle gleich, sondern aus der Eigenthümlichkeit, um derentwillen wir eben diese Primärstellung hervorheben, folgt es ohne Weiteres, dass es unter den übrigen eine Gruppe von Augenstellungen giebt, die unter ihnen wiederum in einer Beziehung ausgezeichnet ist: dies sind nämlich eben diejenigen Augenstellungen, in welche das Auge aus der Primärstellung gedreht werden kann, ohne dass der Winkel ϑ, die relative Lage der Netzhaut, sich ändert. Nennen wir diese Augenstellungen die Secundärstellungen, so haben wir also zwei Reihen solcher, in der einen Reihe ist die Visirebene $+45^0$ geneigt, in der anderen Reihe ist die Sehaxe sagittal gerichtet bei beliebiger Neigung der Visirebene. Es versteht sich von selbst, dass eben die Existenz dieser beiden Reihen von Secundärstellungen, die in Bezug auf ϑ unter einander gleichwerthig sind, es ist, welche die Existenz jener sogenannten Primärstellung bedingt, deren Bedeutung dort entsteht, wo sich die beiden Reihen von Secundärstellungen durchschneiden.

So behalten wir endlich alle übrigen Sehaxenrichtungen als eine dritte Gruppe, die Tertiärstellungen, in welche das Auge aus der primären oder aus einer secundären nicht gedreht werden kann, ohne dass sich die relative Lage der Netzhaut ändert.

Diejenigen Augenstellungen, welche wir als Secundärstellungen bezeichnet haben, besitzen ausser der angemerkten Beziehung zur Primärstellung natürlich noch die Beziehung unter einander, dass beim Uebergang aus einer Secundärstellung in eine andere sich die relative Lage der Netzhaut ebenfalls nicht ändert: dies heben wir deshalb hervor, um zu zeigen, das darin nicht der wesentliche Character unserer Secundärstellungen gelegen ist, der vielmehr nur in ihrer Beziehung zur Primärstellung liegt; denn solche Reihen von Augenstellungen, in deren jeder ϑ einen besonderen gleichbleibenden Werth hat, giebt es unendlich viele. In jeder der Verticalreihen unserer obigen Tabelle kommt eine Augenstellung vor, bei der z. B. der Winkel $\vartheta = +3^0$, und natürlich können wir uns bei fein abgestufter Latitudo unendlich viele solcher Verticalreihen der Tabelle denken. Drehen wir das Auge aus einer solchen Stellung mit z. B. $\vartheta = +3^0$ in irgend eine der unendlich vielen anderen, die den gleichen Werth für ϑ haben, so ändert sich dabei also auch nicht die relative Lage der Netzhaut, was demnach nicht der Grund ist, weshalb wir unsere beiden Reihen von Secundärstellungen den Tertiärstellungen gegenüberstellen, das Wesentliche ist vielmehr das, dass es von den und nur von den Augenstellungen, die wir als Secundärstellungen bezeichnen, deren Character ist $\vartheta = 0$, zwei Reihen giebt, die sich bei einer gewissen Sehaxenrichtung schneiden und damit eine Augenstellung mit der Bedeutung unserer Primärstellung erzeugen. Gäbe es ceteris paribus jene zwei sich schneidenden Reihen von Augenstellungen mit gleicher relativer Lage der Netzhaut nicht, so hätten wir keine Primärstellung von obiger Bedeutung, sämmtliche Augenstellungen würden sich dann nur in Reihen ordnen, deren jede durch einen besonderen Werth des Winkels ϑ vor allen übrigen Reihen ausgezeichnet wäre. —

Nun wird es deutlich sein, was die Bezeichnungen Primärstellung, Secundär- und Tertiärstellungen bedeuten sollen: sie haben zunächst nur unter sich eine Bedeutung und sind der Ausdruck einer zwar willkührlich aber offenbar der Natur der Sache entsprechend getroffenen Anordnung, eines zweckmässigen Systems sämmtlicher medialer Augenstellungen; wir könnten andere Anordnungen vornehmen, doch würden sie

alle an Einfachheit und Uebersichtlichkeit hinter jener zurückstehen. —

Wir wollen also nun versuchen, sämmtliche mediale Augenstellungen als abgeleitete auf die Primärstellung als Ausgangsstellung zu beziehen, versuchen, ob sich die Lage sämmtlicher Drehungsaxen, um die das Auge aus der Primärstellung in die übrigen Stellungen direct übergeführt wird in einen einfachen Ausdruck zu einem Princip zusammenfassen lässt. —

Wenn bei allen denjenigen Augenstellungen, bei denen die Visirebene 45^0 unter den Horizont geneigt ist und die Sehaxe medialwärts gerichtet ist, der Winkel ϑ denselben Werth behält, den er in der Primärstellung hat, nämlich ϑ = Null, so bedeutet das, dass das Auge aus der Primärstellung in alle eben bezeichneten Secundärstellungen gelangt durch Drehung um eine Axe, welche rechtwinklig auf der 45^0 geneigten Visirebene steht. Wenn ferner auch bei allen Augenstellungen mit sagittaler Sehaxenrichtung der Winkel ϑ denselben Werth hat, welchen er in der Primärstellung hat, so bedeutet das, dass das Auge aus der Primärstellung in alle diese Stellungen der zweiten Reihe von Secundärstellungen gelangt durch Drehung um eine Axe, welche rechtwinklig auf der durch die Sehaxe gelegten sagittalen Ebene steht, eine Axe also, welche mit der Grundlinie zusammenfällt. Somit ist für zwei (nicht grade entgegengesetzte) Richtungen der Drehung aus der Primärstellung die Lage der Drehungsaxen sofort bekannt, die in beiden Fällen dadurch bestimmt ist, dass die Drehungsaxe allemal senkrecht zur primären und secundären Richtung der Sehaxe steht. Nun kommt es darauf an, auch für alle übrigen Richtungen der Drehung aus der Primärstellung die Lage der Drehungsaxen abzuleiten. Dies kann auf zwei Weisen geschehen: direct nämlich und indirect. Wollten wir den directen Weg einschlagen, so müssten wir für jede einzelne in Betracht gezogene tertiäre Sehaxenrichtung mit Hülfe des zugehörigen Winkels ϑ die Lage der Drehungsaxe berechnen, um welche das Auge aus der Primärstellung in dieselbe gedreht wird, und nachträglich würden wir zu untersuchen haben, ob sich irgend eine Beziehung zwischen den Lagen dieser sämmtlichen Drehungsaxen herausstellt. Indirect können wir rascher zum Ziele gelangen, und zwar durch folgende Ueberlegung.

Bei jeder einfachen Drehung des Auges, und nur solche kommen selbstverständlich in Betracht, bei denen der ganze Weg, den ein Punkt der Sehaxe zurücklegt um e i n e Drehungsaxe beschrieben wird, ist dieser Weg, den ein Punkt der

Sehaxe beschreibt, entweder ein grösster Kreis der Kugel oder ein kleinerer Kreis auf derselben, resp. Theile solcher Kreislinien. Nun kennen wir zwei solcher „einfacher“ Wege, welche ein Punkt der Sehaxe aus der Primärstellung beschreibt, nämlich die Wege, welche zu den beiden Reihen von Secundärstellungen führen: diese beiden Wege sind grösste Kreise, weil die betreffenden Drehungsaxen rechtwinklig auf der primären und secundären Richtung der Sehaxe stehen, ein Punkt der Schaxe also 90^0 entfernt ist von dem auf der gleichen Kugeloberfläche liegenden Punkt der Drehungsaxe. Gesetzt nun, es führte aus der Primärstellung heraus unter Anderm ein Weg, der kein grösster Kreis jener Kugeloberfläche wäre, sondern irgend ein kleinerer auf derselben beschriebener Kreis, so würde ein solcher kleinerer Kreis nothwendiger Weise wenigstens einen jener beiden grössten Kreise noch ein Mal, ausser in dem der Primärstellung entsprechenden Punkte, schneiden, und führten mehre Wege in der Form solcher kleinerer Kreise aus der Primärstellung heraus, so würden auch diese wenigstens einen der beiden grössten Kreise irgend wo zum zweiten Male schneiden. Wenn nun solche Durchschnittspunkte der verschiedenen Wege die aus der Primärstellung bei Drehung um je eine Axe herausführen, innerhalb des Bereichs der möglichen Drehungsamplitüden fallen würden, so würde daraus folgen, dass die Sehaxe auf zwei durchaus verschiedenen Wegen durch einfache Drehung in ein und dieselbe Richtung könnte übergeführt werden, und dann würde es unvermeidlich sein, dass die Lage des Auges, der Netzhaut bezüglich der Grösse des Winkels ϑ, bei gleicher Sehaxenrichtung, bald diese, bald jene wäre, je nachdem die Drehung um diese oder jene Axe erfolgte. Unvermeidlich ist dieses natürlich nicht, wenn das Auge durch successive Drehungen um verschiedene Axen in eine Stellung übergeführt wird, die sonst auch auf directem Wege, d. h. durch eine Drehung um eine Axe erreicht werden kann; denn dann kann (und muss) die Lage der bei den successiven Drehungen benutzten Drehungsaxen eine solche sein, dass wenn die Sehaxe in der betreffenden Richtung anlangt, die Lage der Netzhaut dieselbe ist, wie wenn sie auf directem Wege aus der Primärstellung dahin gedreht worden wäre. Aber unvermeidlich, wie gesagt, würde eine Inconstanz der Lage der Netzhaut bei gleicher Sehaxenrichtung unter obiger Voraussetzung sein. So weit wir aber das Auge in jeder beliebigen Richtung auch drehen mögen, niemals bemerken wir eine Andeutung solcher Verschiedenheit der Lage der Netzhaut bei einer bestimmten

Sehaxenrichtung, vielmehr weis't die Erfahrung, so wie eine nahe liegende Reflexion über das binoculare Sehen, mit Bestimmtheit darauf hin, dass wie wir schon oben ausgesprochen haben, die Lage der Netzhaut für jede Sehaxenrichtung eine constante ist. Dann aber kann es innerhalb des Bereichs der möglichen Drehungsamplitüden keine jener Durchschnittspunkte verschiedener einfacher Wege, die aus der Primärstellung herausführen geben.

Setzen wir nun ein Mal den Fall, die Drehungen des Auges seien unbegränzt, d. h. wir könnten dem Auge auch Stellungen geben, bei denen die Sehaxe mit ihrem sonst vorderen Ende nach hinten gerichtet wäre, und auch für ein solches Auge sollte die Forderung erfüllt sein, dass die von der Primärstellung ausgehenden directen Wege sich nicht durchschneiden, so würde dieser Forderung vollständig zwar überhaupt nicht, aber möglichst vollständig nur dadurch Genüge geschehen können, dass sämmtliche Wege, die von der Primärstellung ausgehen grösste Kreise wären, so fern sich diese sämmtlich erst in einem, dem der Primärstellung entsprechenden Punkte diametral gegenüberliegenden schneiden würden. Gesetzt nun, auch bei der Beschränkung des Gebiets, innerhalb dessen das Auge bewegt werden kann, wäre jener Forderung hinsichtlich der von der Primärstellung ausgehenden Wege auf ganz allgemeine Weise, so allgemein nämlich, wie in dem so eben vorausgesetzten Falle der Unbeschränktheit der Sehaxenrichtungen, Genüge geschehen, es wären also deshalb die von der Primärstellung ausgehenden Wege lauter grösste Kreise, so würde dies bedeuten, dass die Drehungs axe, um die das Auge aus der Primärstellung gedreht wird, allemal rechtwinklig auf der primären und beliebigen zweiten Richtung der Sehaxe stände, und es wäre der geometrische Ort für alle diese Drehungsaxen diejenige auf der Visirebene bei primärer Neigung senkrechte Ebene, in welcher die Grundlinie gelegen ist. Weil wir nun aber in Anbetracht der Be schränkung des Gebietes, innerhalb dessen die Sehaxe überhaupt bewegt werden kann, von vorn herein die Möglichkeit zulassen müssen, dass auch solche Wege von der Primärstellung ausgehen, welche nur irgendwo ausserhalb der Gränzen der möglichen Sehaxenrichtungen jene beiden uns als grösste Kreise bekannten Wege, oder einen von beiden, schneiden, ohne dass der Durchschnittspunkt jener der Primärstellung diametral gegenüber liegende zu sein braucht, weil wir also zugeben müssen, dass auch solche auf der Kugel beschriebene Kreise, (die keine grösste Kreise sind,) von der Primärstellung

ausgehen können, deren Radius so gross ist, dass es innerhalb der möglichen Drehungsamplitüden nicht zum Durchschnitt irgend welcher Wege unter einander kommt, so können wir a priori nicht mit Bestimmtheit darauf schliessen, dass jene zur primären Richtung der Sehaxe senkrechte Ebene der geometrische Ort sei für sämmtliche Drehungsaxen, um die das Auge aus der Primärstellung gedreht wird, sondern wir dürfen a priori nur schliessen, dass diese Ebene als geometrischer Ort eine Annäherung an den wahren geometrischen Ort sein wird, und zwar eine Annäherung dürfen wir sagen deshalb, weil die von vorn herein als möglich zuzugebenden Kreise, die, nicht grösste Kreise, von der Primärstellung aus ein Punkt der Sehaxe beschreiben könnte, jedenfalls nicht beträchtlich kleiner sein dürfen, als ein grösster Kreis, wenn der oben gestellten Forderung nur innerhalb des Bereichs der möglichen Drehungsamplitüden Genüge geschehen sollte.

Soweit gelangen wir ohne die bei den Tertiärstellungen beobachteten Werthe des Winkels ϑ irgend wie zu berücksichtigen. Jetzt müssen wir diese selbst befragen, und untersuchen, wie diese Beobachtungen mit dem, was wir bisher abgeleitet haben, übereinstimmen. —

Ich habe früher angegeben (a. a. O.), auf welche Weise die Lage der Netzhaut in Bezug auf das binoculare Sehfeld, also der Winkel ϑ für die einzelnen Tertiärstellungen berechnet werden kann unter der Voraussetzung, dass das Auge aus der Primärstellung in jede beliebige andere Stellung durch Drehung um eine zur primären und zweiten Richtung der Sehaxe rechtwinklige Axe übergeführt wird. Da die Berechnung weitläufig und umständlich ist, so wiederhole ich dieselbe hier nicht, sondern verweise deshalb auf den oben citirten Aufsatz. Aus den betreffenden Gleichungen ergiebt sich zunächst als Antwort auf die erste und wichtigste Frage: dass die Vorzeichen unseres beobachteten Winkels ϑ, d. h. die Richtung der auf die Sehaxe projicirten Drehung übereinstimmt mit dem, was jene Voraussetzung verlangt. Ist die Sehaxe oberhalb der primären Neigung nasenwärts gerichtet, so hat sich der Mariotte'sche Fleck aus seiner Anfangslage (Primärstellung) nach Oben bewegt (Fig. 5); ist die Sehaxe unterhalb der primären Neigung nasenwärts gerichtet, so hat sich der Mariotte'sche Fleck nach Unten aus seiner Anfangslage bewegt (Fig. 6). Ferner, und das ist wiederum ein sehr wichtiges Moment, welches als zweites in Betracht kommt, ist es in Uebereinstimmung mit jener Voraussetzung, dass die Grösse des Winkels ϑ zunimmt, je weiter sich die

Sehaxenrichtung von der primären Neigung (longitudo) und Richtung (latitudo) entfernt. Drittens fragt es sich endlich, ob auch die absoluten Werthe des beobachteten Winkels ϑ mit den berechneten übereinstimmen. —

Wenn es gölte, den Beweis zu führen, dass auch in diesem Punkte im Wesentlichen Uebereinstimmung herrsche zwischen Beobachtung und Theorie, so würde man verlangen dürfen, dass ich die Berechnung für alle in Betracht gezogenen Sehaxenrichtungen ausgeführt und zur Vergleichung mit den beobachteten Werthen zusammengestellt hätte. Da sich aber bei der Vergleichung von ein Paar einzelnen Fällen zur Genüge herausstellt, dass jene Uebereinstimmung in den absoluten Werthen des beobachteten und berechneten Winkels ϑ in der That nicht vorhanden ist, so wird man es wenigstens entschuldigen, wenn ich die sehr umständlichen Rechnungen für alle Beobachtungen nicht ausgeführt habe; es war mir dies zur Zeit eben nicht möglich. Es genügt aber in der That auch, die Probe nur an einzelnen Fällen anzustellen, um zu sehen, dass der beobachtete Winkel ϑ kleiner ist, als er der Voraussetzung nach sein sollte, und zwar lässt sich mit Sicherheit erkennen, dass in allen Fällen die Differenz in dieser Richtung stattfindet. Es ist dies ganz dasselbe Ergebniss, welches ich früher erhielt, da der Winkel ϑ aus den Beobachtungen der Doppelbilder bestimmt wurde. — Nun fragt sich, was diese Differenz zwischen Beobachtung und Theorie zu bedeuten hat. Es ist, wie ich nochmals hervorhebe, die einzige. Hier habe ich früher den Irrthum begangen, auf welchen Fick aufmerksam gemacht hat, zu meinen, es könnte jene Differenz zurückgeführt werden auf die von der Kugelgestalt abweichende Form des Auges, speciell der Retina, und damit liess ich die Voraussetzung, unter der die Rechnung angestellt war, bestehen. Die Gestalt der Retina ist aber hier völlig gleichgültig, und es ist überhaupt nicht möglich, jene Differenz zwischen Beobachtung und Theorie auszugleichen; sondern wir müssen aus dem Factum der Differenz den Schluss ziehen, dass die Voraussetzung, unter der die Berechnung angestellt wurde, nicht streng richtig ist. Aber wir würden den Werth eines guten Theils unserer Beobachtungsdata sehr unterschätzen, wenn wir so weit gehen wollten, jene Voraussetzung etwa gradezu als falsch zu erklären. Wenn beispielsweise die Rechnung ergiebt, dass, wenn das Auge aus der Primärstellung in die Stellung mit $+ 15^0$ Longitudo und $+ 20^0$ Latitudo gedreht ist, der Winkel $\vartheta = + 4^0{,}5$ sein müsste, sobald diese Drehung um die zur primären und jener tertiären Rich-

tung der Sehaxe rechtwinklige Axe geschah, und nun die Beobachtung einen Winkel von nur + 3° für jene Sehaxenrichtung ergiebt, also eine Drehung in dem der Voraussetzung entsprechenden Sinne, aber um Einiges kleiner, so folgt daraus, dass die wirkliche Drehungsaxe nicht genau senkrecht auf der primären und secundären Richtung der Sehaxe stand, dass sie aber jedenfalls in der Nähe dieser Richtung gelegen war, weil die Drehung unter Umständen erfolgt, die den vorausgesetzten sehr ähnlich sind, dass also jene vorausgesetzte Richtung der Drehungsaxe eine Annäherung an das wahre Verhalten ist. Oben haben wir gesehen, dass die Prämissen für unsere theilweis aprioristische Ableitung über die Lage der Drehungsaxen, um die das Auge aus der Primärstellung gedreht wird, diesen so eben aus den Beobachtungsdaten gezogenen Schluss sehr wohl zulassen, indem wir nämlich nun rückwärts schliessen, dass die Wege, welche ein Punkt der Sehaxe beschreibt, wenn einfache Drehungen aus der Primärstellung heraus erfolgen, nicht lauter grösste Kreise sind, sondern auch solche kleinere Kreise, vielmehr Abschnitte derselben, deren Radius nicht beträchtlich von dem Radius des betreffenden grössten Kreises verschieden ist. Die Fläche, welche den geometrischen Ort für sämmtliche Drehungsaxen darstellt, um die das Auge aus der Primärstellung gedreht wird, fällt nicht genau zusammen mit der auf der primären Richtung der Sehaxe senkrechten Ebene, sondern liegt nur in der Nähe dieser Ebene. Mit Rücksicht auf das Factum, dass die beobachteten Werthe des Winkels ϑ kleiner sind, als sie sein würden, wenn die Drehungsaxe senkrecht auf der primären und zweiten Richtung der Sehaxe stünde, kann man sich auch leicht eine Vorstellung machen von der Richtung, in welcher die wahre Lage einer gewissen Drehungsaxe von jener vorausgesetzten abweicht; wir überlassen dies dem Leser, weil die Ausführung des Angedeuteten in Worten ohne specielle Bezeichnung der Axen eines Coordinatensystems im Auge und der Halbaxen sehr umständlich und ungeschickt ausfallen würde. Es würde keinesweges ausser dem Bereich der Möglichkeit liegen, durch Rechnung zu näherer Kenntniss über den Grad der Abweichung zu gelangen zwischen dem wahren Ort der Drehungsaxen und dem oben vorausgesetzten; von einer solchen Untersuchung stehe ich jedoch hier ab, weil es illusorisch sein würde, dabei absolute Genauigkeit erreichen zu wollen, und weil mir scheint, dass mit der Erreichung jener Annäherung vor der Hand wenigstens dem Interesse Genüge geschehen ist, welches sich an den behandelten Ge-

genstand knüpft. Den Ausdruck: das Auge wird aus der Primärstellung, wie sie oben definirt wurde, allemal gedreht um eine auf der primären und secundären Richtung der Sehaxe senkrechte Axe — erkennen wir für eine Annäherung an das wahre Verhalten, nicht, wie früher ausgesprochen wurde, als in aller Strenge gültig, und zwar ist die Differenz von der Art, dass der für irgend eine tertiäre Sehaxenrichtung nach jenem Princip geforderte Werth der auf die Sehaxe projicirten Drehung für binoculares Sehen grösser ist, als in Wirklichkeit; diesem will ich noch hinzufügen, dass, wie es scheint, letztere Differenz, also im Betreff des Winkels ϑ, relativ grösser ist, je mehr die Richtung der Sehaxe von der sagittalen Richtung medialwärts abweicht, also je höhere absolute Werthe der Winkel ϑ durch Veränderung der primären Sehaxenrichtung in dem einen Sinne (Latitudo) erlangt. —

Wie mehrfach hervorgehoben, bezog sich die ganze bisherige Analyse der Beobachtungen nur auf diejenigen Augenstellungen, bei denen die Sehaxe sagittal oder nasenwärts gerichtet ist. Solche Augenstellungen allein waren es, welche ich früher bei den Versuchen mit Doppelbildern berücksichtigt habe; doch ist noch hervorzuheben, dass meine früheren Beobachtungen unter den medialen Sehaxenrichtungen auch nur diejenigen betrafen, die symmetrisch für beide Augen zugleich stattfinden können, während unter diesen neuen Beobachtungen mehre mediale Sehaxenrichtungen sich finden, die zu weit nasenwärts abweichen, als dass das andere Auge gleichzeitig symmetrisch gerichtet sein könnte, wenigstens ohne die äusserste Anstrengung, bei der ein Fixiren, abgesehen von der Accomodation, nicht mehr möglich ist.

Ich gehe nun zu der zweiten Gruppe von Beobachtungen über, welche die lateralen (schläfenwärts) Sehaxenrichtungen betreffen. Diese sind von meiner Seite neu, schliessen sich an keine frühere Beobachtungen mit Hülfe von Doppelbildern an. Es war durchaus nicht ungereimt oder unwahrscheinlich, wenn man etwa vermuthet hätte, dass das Princip der Drehungen des Auges, wie es sich für die Augenstellungen mit nasenwärts gerichteter Sehaxe aussprechen lässt, auch für diejenigen mit schläfenwärts gerichteter Sehaxe gelten möchte, dass also auch diese letzteren Augenstellungen sich in gleicher Weise als abgeleitete um dieselbe Primärstellung ordnen würden. Ich selbst habe zwar von meinen früheren Untersuchungen keine Anwendung gemacht auf die nicht untersuchten unsymmetrischen Augenstellungen, aber ich leugne nicht, dass ich die Vermuthung hegte, auch für die lateralen Sehaxenrichtun-

gen gölte die obige Primärstellung mit ihrer Bedeutung für die medialen Richtungen. Dies ist nun, wie die Beobachtungen lehren, nicht der Fall, es bilden vielmehr die lateralen Sehaxenrichtungen eine Gruppe für sich, die der ersten Gruppe der medialen Richtungen ähnlich ist. Ein Blick auf die folgende Tabelle, die der zweite Theil der ersten Tabelle ist, zeigt dies. Die Sehaxenrichtung ist durch die direct gemessenen Winkel α und n bezeichnet, wie in Tabelle 2, da es hier kein besonderes Interesse hat, diese Winkel auf die Winkel α' und n' zu reduciren, deren Werthe für die einzelnen Beobachtungen man indess aus der Tabelle 3 entnehmen kann.

n ‖	$\alpha = 0°$	$\alpha = -10°$	$\alpha = -20°$	$\alpha = -30°$
−30°	0	− 2°	− 4°	− 6°
−15°	0	− 1°	− 2°,5	− 3°,5
0°	0	0	0	0
+15°	0	+ 1°	+ 3°	+ 3°,5
+30°	0	+ 2°	+ 4°	+ 6°,5
+35°	0	+ 3°	+ 5°	+ 8°
+40°	0	+ 3°,5	+ 5°,5	+ 9°,5
+45°	0	+ 4°	+ 6°,5	+10°
+50°	0	+ 5°	+ 7°	+11°

Nach Allem, was für die medialen Sehaxenrichtungen erörtert wurde, ist diese Tabelle ohne Weiteres verständlich, und wir können uns kurz fassen. Man sieht sofort, dass es auch für diese lateralen Sehaxenrichtungen eine Richtung giebt, die die Bedeutung der Primärstellung, wie oben, hat, aber diese ist nicht identisch mit der Primärstellung für die medialen Sehaxenrichtungen, sondern es ist diejenige Augenstellung, bei welcher die Sehaxe horizontal und sagittal gerichtet ist, also eine der Secundärstellungen in Bezug auf Drehungen des Auges nasenwärts; denn von dieser Richtung aus kann wiederum das Auge nach zwei nicht diametral entgegengesetzten Seiten hin gedreht werden, ohne dass die relative Lage der Netzhaut (in Bezug nämlich auf das oben definirte binoculare Sehfeld) eine Veränderung erleidet, der Winkel ϑ behält den gleichen Werth bei allen lateralen Richtungen der

Sehaxe mit horizontaler Visirebene, und, wie wir schon wissen, bei allen sagittalen Richtungen der Sehaxe, und somit ist dieser Werth des Winkels ϑ für diese eben bezeichneten Secundärstellungen = Null, wie für die Secundärstellungen der Gruppe der medialen Sehaxenrichtungen. Alles, was wir oben erörtert haben bezüglich der Bedeutung von Primärstellung, Secundärstellung und Tertiärstellung gilt auch hier, und indem wir auf das Obige verweisen, wird es nicht nöthig sein, besonders zu bemerken, dass nicht etwa ein Widerspruch oder eine Ungereimtheit darin liegt, wenn wir von zwei Primärstellungen reden; es bedeutet ja das nichts weiter, als dass wir es übersichtlich und bequem finden, sämmtliche Sehaxenrichtungen in zwei ähnliche Systeme zu bringen, das eine für die medialen, das andere für die lateralen Sehaxenrichtungen, beide verbunden gewissermaassen durch die sagittalen (sofern eben dieser Theil der Secundärstellungen identisch für beide Systeme ist).

Wird das Auge bei horizontaler Visirebene von der sagittalen Sehaxenrichtung aus schläfenwärts gedreht, so erfolgt die Drehung um die absolut verticale Axe. Eine zweite Axe, um die das Auge aus der Primärstellung für laterale Augenstellungen gedreht wird, ist, wie schon bekannt, die mit der Grundlinie zusammenfallende Axe. Eine Reflexion wie oben führt zu dem Schluss, dass die durch diese beiden Axen gelegte Ebene, also eine der Frontalebene parallele Verticalebene, der geometrische Ort für sämmtliche Drehungsaxen sein wird; jedoch müssen wir auch hier natürlich einräumen, dass mit Rücksicht auf die Beschränkung der Augendrehungen sich dieser Schluss nur als eine Forderung, die annäherungsweise erfüllt sein muss, aussprechen lässt. Vergleichen wir die beobachteten Werthe des Winkels ϑ für die einzelnen lateralen Sehaxenrichtungen mit jenem Princip über die Lage der Drehungsaxen, so zeigt sich zunächst wieder in qualitativer Beziehung Uebereinstimmung. Denn, wie die betreffenden Gleichungen und auch die einfache Vorstellung der Verhältnisse lehren, stimmt die Richtung der auf die Sehaxe projicirten Drehung, die wir mit dem + Zeichen (Fig. 5) bezeichnen, mit derjenigen überein, welche jenem Princip zu Folge der Winkel ϑ haben muss, wenn lateralwärts die Sehaxe unterhalb der primären Neigung sich befindet, indem die Umkehr der Verhältnisse bei medialer Sehaxenrichtung stattfindet. Dass ferner ein ähnliches Wachsen des Winkels ϑ stattfindet, wie bei den medialen Tertiärstellungen und wie es jenes Princip verlangen würde, ist ersichtlich. Es kommen

drittens wiederum die absoluten Werthe von ϑ in Betracht. Hier machen wir zunächst darauf aufmerksam, dass bei den lateralen Sehaxenrichtungen die Werthe von ϑ grösser sind, als bei der (je auf die Primärstellung bezogenen) Longitudo und Latitudo nach entsprechenden medialen Sehaxenrichtungen. Es entsprechen sich z. B. auf unseren beiden Tabellen 2 und 4, die medialen Richtungen bei horizontaler Visirebene einerseits, anderseits die lateralen Richtungen bei $+45^0$ geneigter Sehaxe; für die medialen Richtungen hat ϑ der Reihe nach die Werthe 4^0, 5^0, 7^0, für die lateralen Richtungen dagen 4^0, $6^0{,}5$, 10^0; wir sehen also ein rascheres Steigen des Winkels ϑ bei zunehmender Latitudo. Aehnlich ist es in anderen entsprechenden Reihen, z. B. bei den medialen Richtungen mit $+15^0$ geneigter Sehaxe und den lateralen Richtungen mit $+30^0$ geneigter Sehaxe: dort $\vartheta = 2^0{,}5,\ 3^0,\ 4^0$; hier $\vartheta = 3^0,\ 4^0,\ 6^0{,}5$.

Also haben wir bei den lateralen Sehaxenrichtungen jedenfalls eine noch grössere Annäherung an jenes Prinzip, und gerade das raschere Wachsen des Winkels ϑ mit zunehmender Latitudo bei Tertiärstellungen zeichnet das System der lateralen Augenstellungen vor dem der medialen aus, wie oben bemerkt wurde, dass die Differenz zwischen jenem Princip und der Beobachtung eben am meisten bei den medialen Tertiärstellungen hervortritt, deren Latitudo einen beträchtlichen Werth hat. Dass für die lateralen Augenstellungen das Princip, dass die Drehungen aus der Primärstellung um die auf der primären und zweiten (lateralen) Sehaxenrichtung senkrechte Axe erfolgen, in aller Strenge gilt, will ich nicht mit Bestimmtheit behaupten, doch ist die Uebereinstimmung der beobachteten Werthe von ϑ mit der nach dem Princip verlangten sehr gross, wie wenige Beispiele zeigen. Für die Sehaxenrichtung $n = +45^0$, $\alpha = -20^0$: ϑ verlangt $= +6^0$, beobachtet $= +6^0{,}5$; für die Sehaxenrichtung $n = +45^0$, $\alpha = -10^0$: ϑ verlangt $= +3^0{,}5$, beobachtet $= +4^0$; für die Sehaxenrichtung $n = +40^0$, $\alpha = -30^0$: ϑ verlangt $= +9^0{,}5$, beobachtet $= +9^0{,}5$. Es mag mehr zufällig sein, dass die abgerundeten berechneten Werthe so genau mit den beobachteten Mittelwerthen stimmen; jedenfalls aber zeigen diese Beispiele, dass die Uebereinstimmung wenigstens sehr nahe stattfindet, und mit Rücksicht auf Beobachtungsfehler dürfte man Uebereinstimmung annehmen. —

Fassen wir schliesslich die Ergebnisse der bisherigen Untersuchung zusammen, so sind es folgende:

1) Sämmtliche mediale Augenstellungen in Verbindung mit den sagittalen verhalten sich bezüglich der Lage des Auges, der Netzhaut so, dass sie annäherungsweise zu Stande kommen, wenn das Auge aus der Stellung mit 45° abwärts und sagittal gerichteter Sehaxe allemal um die auf dieser (primären) und der zweiten Richtung der Sehaxe senkrecht stehende Axe gedreht wird.

2) Sämmtliche laterale Augenstellungen in Verbindung mit den sagittalen verhalten sich bezüglich der Lage des Auges, der Netzhaut so, dass sie nahezu oder vielleicht ganz genau zu Stande kommen, wenn das Auge aus der Stellung mit horizontal und sagittal gerichteter Sehaxe allemal um die auf dieser (primären) und der zweiten Richtung der Sehaxe senkrechte Axe gedreht wird. —

Oben wurde der Grund angegeben, weshalb wir von vorn herein beabsichtigten, die Lage der Netzhaut nicht auf das sogenannte monoculare Sehfeld resp. eine gewisse Linie in demselben zu beziehen, sondern vielmehr sofort auf das binoculare Sehfeld, auf die im binocularen Sehfelde horizontale Linie. Die letztere ist nach unserer Definition eine (bei den verschiedenen Sehaxenrichtungen) relativ unbewegliche Linie, während jede Linie, die im monocularen Sehfelde eine bestimmte räumliche Beziehung hat, wie die im monocularen Sehfelde Horizontale, für die verschiedenen Sehaxenrichtungen nicht in demselben Sinne relativ unbeweglich ist. Ein Blick auf den ersten Theil der Tabelle I, soweit diese die medialen Sehaxenrichtungen betrifft, bestätigt (wenn es nöthig wäre) unsere oben gemachte Voraussage, dass nämlich für den Fall, dass die „Primärstellung" nicht zusammenfallen sollte mit der aus praktischen Gründen gewählten Anfangsstellung (longitudo = o, latitudo = o), die direct beobachteten Winkelgrössen, die in jener Tabelle mit m bezeichnet sind, keine Uebersichtlichkeit, keine Anordnung, kein System zulassen würden, trotzdem, dass, wie wir sahen, ein sehr einfaches möglich ist, sobald wir die Netzhautlagen nicht auf die relativ bewegliche Linie PD (Fig. III.), sondern auf die relativ unbewegliche Linie PA beziehen.

Anders ist es mit dem zweiten Theile der 1. Tabelle, der sich auf die lateralen Sehaxenrichtungen bezieht. Diese lateralen Augenstellungen ordnen sich, wie wir sahen, um eine Primärstellung, welche identisch ist mit der aus praktischen Gründen zu Anfang gewählten Anfangsstellung, und man bemerkt leicht, dass auch die auf die Linie PD, auf die im monocularen Sehfelde horizontale Linie bezogenen Angaben,

die Werthe nämlich des mit m bezeichneten Winkels hier dasselbe System für die verschiedenen Sehaxenrichtungen erkennen lassen, welches sich aus den Grössen der auf die im binocularen Sehfelde horizontale bezogenen Drehungen um die Sehaxe ergiebt. In allen Fällen hat bei diesen lateralen Augenstellungen der Winkel m das entgegengesetzte Zeichen von dem des Winkels ϑ, es ist die numerische Summe beider Winkel, von ihren Vorzeichen abgesehen, stets gleich der Zahl von Graden, die den Winkel δ ausmachen: dies bedeutet, dass in allen lateralen Augenstellungen, in welchen die projicirte Drehung des Auges nicht = Null ist, der in Betracht gezogene, beziehungsweise horizontale Netzhautmeridian gelegen ist zwischem dem Bilde der im binocularen Sehfelde horizontalen und dem Bilde der im monocularen Sehfelde horizontalen Linie. Wenn also die Fig. III. eine laterale Tertiärstellung vorstellte, so würde der in Betracht gezogene Netzhautmeridian, der in der Primärstellung mit den Bildern pa und pd zusammenfällt, seine Lage zwischen den Bildern pa und pd haben, so dass die numerische Summe der beiden Winkel, die der Meridian mit pa und pd einschliesst, gleich dem Winkel δ ist, und also im monocularen Sehfelde eine auf die Sehaxe projicirte Drehung vorhanden ist, die in umgekehrtem Sinne gezählt werden muss gegenüber der für binoculares Sehen vorhandenen. Die wahre Lage des horizontalen Netzhautmeridians hält nicht genau die Mitte zwischen dem Bilde der im binocularen und dem der im monocularen Sehfelde horizontalen, sondern es fällt die für monoculares Sehen vorhandene auf die Sehaxe projicirte Drehung durchweg etwas grösser aus ($m > \vartheta$). Sehen wir aber von dieser geringen Differenz ab, so können wir nun sagen: Für die lateralen Augenstellungen gilt ein Gesetz der Drehungen, ein Gesetz über die Augenlagen, aus dem es resultirt, dass die wirklichen Augenstellungen nahezu die Mitte halten je zwischen den beiden Grenzfällen, bei deren einem gar keine auf die Sehaxe projicirte Drehung für binoculares Sehen vorhanden wäre, dafür aber eine solche für monoculares Sehen von der Grösse des Winkels δ; bei deren anderem gar keine auf die Sehaxe projicirte Drehung für monoculares Sehen vorhanden wäre, dafür aber eine solche für binoculares Sehen von der Grösse des Winkels δ. Hierbei muss aber zum Verständniss des Ausdrucks nothwendiger Weise die Angabe gemacht werden, welche Bedeutung speciell der Winkel δ hat, oder, dass für das monoculare Sehfeld die auf die Sehaxe projirte Drehung bezogen wird auf eine Linie in diesem monocularen Sehfelde, deren Retinabild

mit dem Bilde der im binocularen Sehfelde horizontalen (Durchschnitt der Visirebene mit der Retina) zusammenfällt in der Primärstellung und in den Secundärstellungen. Diese Primärstellung ist aber die, bei der die Visirebene horizontal liegt, und daher ist jene Linie, auf welche die für monoculares Sehen vorhandene Drehung in obigem Ausdruck bezogen wird, die im monocularen Sehfelde horizontale.

Das Analoge findet nun auch für die medialen Augenstellungen statt, sobald wir nur die Drehungen um die Sehaxe für monoculares Sehen auf diejenige Linie im monocularen Sehfelde beziehen, welche das Analogon derjenigen Linie ist, auf die wir bei den lateralen Augenstellungen jene Drehung beziehen. Für diese lateralen Stellungen ist es, wie eben hervorgehoben, diejenige Linie, deren Bild in der Primärstellung und in den Secundärstellungen mit dem Bilde der im binocularen Sehfelde horizontalen zusammenfällt. Nun ist aber für die medialen Augenstellungen die Visirebene in der Primärstellung nicht horizontal gerichtet, und daher dürfen wir, um zu einem dem obigen analogen Ausdruck für die medialen Stellungen zu gelangen, nicht, wie bisher geschehen, ebenfalls die im monocularen Sehfelde horizontale Linie wählen, um die Lagen der Netzhaut darauf zu beziehen, sondern diejenige Linie im monocularen Sehfelde, deren Retinabild bei 45° abwärts geneigter Visirebene und jeder beliebigen Latitudo (Secundärstellungen) mit dem Bilde der im binocularen Sehfelde horizontalen zusammenfällt, also diejenige Linie, die bei 45° abwärts geneigter Visirebene zugleich in der Visirebene und in dem monocularen Sehfelde gelegen ist, mit anderen Worten die Linie, in welcher das monoculare Sehfeld die 45° abwärts geneigte Visirebene schneidet. Legen wir für die medialen Augenstellungen diese Linie im monocularen Sehfelde zum Grunde anstatt der Linie PD (Fig. III.), so bildet das Bild dieser Linie in allen medialen Tertiärstellungen einen Winkel mit p a, dem Durchschnitt der Visirebene mit der Retina, der das Analogon des Winkels δ ist, und der in allen medialen Secundärstellungen = Null ist. Wenn wir bei den Versuchen unserer im Nullpunkt eingestellten Beobachtungslinie die eben bezeichnete Lage hätten geben wollen, so hätten wir die Drehungsaxe des Halbkreises CD, statt sie vertical zu richten, 45° mit dem oberen Ende nach vorn neigen müssen, während alles Uebrige unverändert geblieben wäre. Die ganze Betrachtung der medialen Augenstellungen würde dann viel einfacher ausgefallen sein, weil dann die Primärstellung identisch gewesen sein würde mit der Anfangs-

stellung für die Versuche; aber hätten wir dann die Versuche für die lateralen Augenstellungen mit demselben (45° geneigten) Apparat ausgeführt, so würden wir für diesen Theil der Beobachtungen dieselben Erörterungen und Umformungen nöthig gehabt haben, mit denen wir eben für die medialen Augenstellungen beschäftigt sind. Hätten wir die Versuche für die medialen Augenstellungen in der eben genannten Weise ausgeführt, so würden wir natürlich statt der Werthe des unmittelbar beobachteten Winkels m die Werthe eines anderen analogen Winkels erhalten haben, den wir m′ nennen wollen. Welchen Werth dieser Winkel gehabt haben würde, das lässt sich berechnen, weil sich für die vorausgesetzte Einrichtung der Versuche der Winkel berechnen lässt, der das Analogon des Winkels δ sein würde, den wir mit δ' bezeichnen wollen, und der Winkel ϑ natürlich für eine bestimmte Sehaxenrichtung unverändert bleibt. Es würde der Mühe nicht verlohnen, etwa für alle in Betracht gezogenen Sehaxenrichtungen die eben angedeuteten Umformungen vorzunehmen; wenige Beispiele genügen, um das zu zeigen, worauf es ankommt. Die Sehaxenrichtung, welche in der Tabelle I. bezeichnet ist durch $\alpha = +10°$, n = o würde bei der vorausgesetzten Einrichtung der Versuche, bei der von der Primärstellung aus gezählt wird, charakterisirt sein durch $\alpha' = +7°$, $n'' = -45°,5$. (n″ bedeutet die Neigung der Visirebene, wenn die primäre Neigung = 0 gesetzt wird.) Für diese Sehaxenrichtung beträgt $\delta' = -7°$, es würde $m' = -3°$ betragen haben und $m' - \delta' = \vartheta = +4°$ sein. Die Sehaxenrichtung, die in der Tabelle I. bezeichnet ist durch $\alpha = +10°$, $n = +15°$ würde für obige Vorausetzung charakterisirt sein durch $\alpha' = +8°,5$, $n'' = -30°,5$, und es würde für diese Sehaxenrichtung der Winkel $\delta' = -5°$ sein; m′ würde sein $= -2°,5$ und $m' - \delta' = \vartheta = -2°,5$. Für die Sehaxenrichtung, die in Tabelle I. charakterisirt ist durch $\alpha = +10°$, $n = +45°$, würde sein $\alpha' = +10°$, $n'' = o$, und δ' würde sein = o, m = o, und ϑ = o. Man sieht schon aus diesen wenigen Beispielen (die man leicht vermehren kann), dass unter obigen Voraussetzungen, bei obengenannter Einrichtung der Versuche auch für die medialen Augenstellungen die numerische Summe der beiden Winkel m′ und ϑ gleich dem Winkel δ' gewesen sein würden, dass die Verhältnisse hier ganz analog denen gewesen sein würden, wie sie bei den lateralen Augenstellungen stattfinden. Wir können auch für die medialen Augenstellungen einen analogen Ausdruck geben, wie oben, nämlich: für die medialen Augenstellungen gilt ein Gesetz

über die Augenlagen, aus dem es resultirt, dass die wirklichen Augenstellungen nahezu die Mitte halten je zwischen den beiden Grenzfällen, bei deren einem gar keine auf die Sehaxe projicirte Drehung für binoculares Sehen vorhanden wäre, dafür aber eine solche für monoculares Sehen von der Grösse des Winkels δ'; bei deren anderem gar keine auf die Sehaxe projicirte Drehung für monoculares Sehen vorhanden wäre, dafür aber eine solche für binoculares Sehen von der Grösse des Winkels δ'. Zum Verständniss des Ausdrucks muss natürlich auch hier angegeben werden, welche Bedeutung der Winkel δ' hat, oder, dass für das monoculare Sehfeld die auf die Sehaxe projicirte Drehung bezogen wird auf eine Linie in diesem monocularen Sehfelde, deren Retinabild mit dem Bilde der im binocularen Sehfelde horizontalen (Durchschnitt der Visirebene mit der Retina) zusammenfällt in der Primärstellung und in den Secundärstellungen. Die Primärstellung ist aber für die medialen Augenstellungen diejenige, bei der die Visirebene 45° unter den Horizont geneigt und die Sehaxe sagittal gerichtet ist.

Ein Hauptgrund, weshalb ich mich zu dieser Auseinandersetzung gezwungen sah, war der, einem etwaigen Missverständniss vorzubeugen, welches hätte entstehen können bei der Vergleichung der vorliegenden Untersuchungen mit meinen früheren (z. Lehre v. d. Bew. d. Auges): in den letzteren, die nur mediale Augenstellungen betreffen, ist nämlich auf S. 76 ff. und auf S. 97 ff. von einem Winkel η die Rede: dieser Winkel ist seiner Bedeutung nach identisch mit dem Winkel, den ich vorher mit m' bezeichnet habe, nicht etwa mit dem Winkel m für die medialen Augenstellungen; dagegen ist jener Winkel η seiner Bedeutung nach entsprechend dem Winkel m für die lateralen Augenstellungen. Die Ursache, weshalb sich die eben genannte und einige analoge Differenzen bei gewissen Begriffen und Beziehungen zwischen meinem früheren Aufsatz und dem Vorstehenden finden, liegt darin, dass ich früher von Anfang an ein 45° geneigtes festes Coordinatensystem zum Grunde gelegt hatte, während hier Alles zunächst auf ein Coordinatensystem bezogen wurde, dessen eine Axe vertical gerichtet ist; letzteres geschah, ersteres nicht, unter Anderm, um in keiner Weise den Versuchsergebnissen vorzugreifen.

Wenn wir die Lagen des Auges kennen, in welche dasselbe bei den Drehungen gelangt und damit diejenige, von den unendlich vielen mechanisch möglichen Drehungsaxen bekannt ist, um welche das Auge aus irgend einer Sehaxen-

richtung in irgend eine andere gedreht wird, so erheben sich neue Fragen. Eben weil das Vorhandensein von 3 Paar Augenmuskeln, deren Drehungsaxen nicht in einer Ebene liegen, mechanischerseits eine unendliche Zahl von (componirten) Drehungsaxen für ein und dieselbe Richtungsänderung der Sehaxe möglich erscheinen lässt, und doch allemal nur eine einzige bestimmte ausgewählt ist, factisch vorkommt, müssen wir die Frage nach dem Grunde dieser Beschränkung stellen und die Frage nach dem Grunde, aus welchem grade die bestimmte einzige Drehungsaxe gewählt wurde. Die Antwort auf die erstere Frage ist in oben Erörtertem enthalten. Was die zweite Frage betrifft, so kann wohl mit Sicherheit behauptet werden, dass es zwei Rücksichten sind, die bei der Wahl der Drehungsaxe für eine bestimmte Richtungsveränderung der Sehaxe maassgebend waren und sein mussten. Die eine von diesen betrifft die mechanischen Verhältnisse des Augapfels und seiner Umgebung und Annexa. Alles, was am Augapfel befestigt ist, bedingt Widerstand für die Drehungen, und es lässt sich vermuthen, dass die Drehungen in einer Weise erfolgen sollten, bei welcher die Widerstände und in Folge davon die Anstrengung der Muskeln möglichst klein sind; es lässt sich ferner vermuthen, dass gewisse der am Augapfel befestigten Theile in eben genannter Beziehung selbst mehr Rücksicht verlangten, als andere, wie denn gewiss dafür gesorgt sein musste, dass der N. opticus möglichst wenig in die Lage kommt, den Drehungen Widerstand entgegenzusetzen. Die zweite Rücksicht betrifft das binoculare Sehen, das Einfachsehen mit beiden Augen, wie dasselbe bedingt ist durch die relative Lage der beiden Netzhäute zu einander. Nur in dieser Beziehung sollen die obigen Ergebnisse hier noch kurz betrachtet werden.

Wir dürfen annehmen, dass jeder Punkt der einen Netzhaut einen correspondirenden Punkt der anderen Netzhaut hat, deren beider Erregung die Vorstellung ein und desselben Raumwerthes im binocularen Sehfelde vermittelt. Damit würde die eine Bedingung erfüllt sein dafür, dass beim binocularen Sehen alle Punkte eines flächenhaften Sehfeldraumes mit beiden Augen zugleich gesehen einfach erscheinen könnten. Die zweite ebenso wichtige Bedingung ist aber natürlich die, dass die correspondirenden oder sogenannten identischen Punkte so gelegen sind, dass je ein Punkt eines flächenhaften Sehfeldraumes je ein Paar correspondirender Punkte gleichzeitig erregen kann. Um diese Bedingung zu erfüllen, war zunächst eine gewisse Anordnung der corre-

spondirenden Punkte auf der Doppelnetzhaut nothwendig, so zwar, dass z. B. gewissen Punkten der inneren Netzhauthälfte gewisse Punkte der äusseren Netzhauthälfte im anderen Auge entsprechen; aber ausserdem würde, um jene Bedingung stets zu erfüllen, auch eine ganz bestimmte Lage jeder Netzhaut nothwendig gewesen sein. Wir können die eben angedeutete Forderung hinsichtlich der Lage der correspondirenden Punkte dahin formuliren: die Lage der beiden Netzhäute muss diejenige sein, dass die Visirebene beide Netzhäute in zwei Meridianen schneidet, welche lauter correspondirende Punkte enthalten; correspondirt dann die äussere Hälfte der einen Netzhaut mit der inneren Hälfte der anderen, so können alle Punkte eines flächenhaften Sehfeldraumes (der senkrecht auf der Visirebene steht) correspondirende Punkte der Doppelnetzhaut erregen. Welche Gestalt dieser flächenhafte Sehfeldraum hat, das hängt zum Theil von der Krümmung der Netzhaut auf der äusseren und inneren Seite ab, worauf ich hier nicht weiter eingehe. (Frühere Versuche ergaben, dass die Horopterfläche eine zur Visirebene senkrechte Ebene bildet.) Sobald beide Netzhäute aus der eben bezeichneten Lage in entgegengesetztem Sinne nur um ein Kleines gedreht sind, d. h. sobald eine, wenn auch noch so geringe auf die Sehaxe projicirte Drehung vorhanden ist, die für beide Augen von Oben medialwärts oder für beide von Oben lateralwärts gerichtet ist, so ist die Bedingung nicht mehr erfüllt, dass alle Punkte einer Sehfeldfläche je correspondirende Punkte erregen können, sondern es giebt nur noch eine durch den fixirten Punkt gehende Linie im ganzen binocular gesehenen Raume, deren Punkte je ein Paar correspondirende Punkte erregen, eine Linie, die jedoch nicht senkrecht zur Visirebene steht, und die nur dann von beiden Augen gleich weit entfernt ist, wenn jene auf die Sehaxe projicirte Drehung der Netzhäute die gleiche Grösse in beiden Augen hat. Lassen wir diese eben bezeichnete Linie einfach gesehener Punkte (von der ich früher (Beiträge zur Physiologie des Sehorgans) Näheres angegeben habe) bei Seite, theils weil ein näheres Eingehen auf ihre Lage zu ziemlich verwickelten Erörterungen führen würde, theils weil nur ein Punkt derselben, und das ist der ohnehin exceptionelle fixirte Punkt, in die Fläche fällt, welche wir das binoculare Sehfeld nennen, so gestaltet sich das, was wir zu bemerken haben, einfacher.

Die Versuche ergeben, dass die beiden Netzhautmeridiane, in denen die Visirebene die Netzhäute in der Primärstellung schneidet, lauter correspondirende Punkte enthalten, dass also

in der Primärstellung und in den Secundärstellungen die Bedingung erfüllt ist, dass alle Punkte eines flächenhaften Sehfeldes correspondirende Punkte erregen können. Es passt also die oben für diese Augenlagen gewählte Bezeichnung, dass nämlich die auf die Sehaxe projicirte Drehung = Null sei, für die jetzt in Rede stehenden Verhältnisse; unsere beziehungsweise horizontalen Meridiane enthalten lauter correspondirende Punkte. Folglich ist nun bei allen medialen und lateralen Tertiärstellungen die Bedingung nicht mehr erfüllt, dass alle Punkte eines flächenhaften Sehfeldraumes je ein Paar correspondirender Punkte erregen können, und somit giebt es bei diesen Augenstellungen im binocularen Sehfelde nur einen Punkt der correspondirenden Punkte erregt, das ist der fixirte Punkt. Wenn man etwa Anstoss an diesem Ergebniss nehmen sollte, wie es geschehen ist, und etwa verlangen wollte, dasselbe augenfällig in der alltäglichen Erfahrung bestätigt zu finden, so ist folgendes wohl zu bemerken. Es ist nicht identisch, wenn man sagt einerseits: ein Punkt erregt zwei Netzhautpunkte, die nicht correspondiren, und anderseits: ein Punkt wird doppelt gesehen; nicht identisch sind diese Ausdrücke, weil der eine von dem spricht, was in praxi der Fall ist, der andere von dem, was in praxi sich bewahrheiten würde, wenn die Empfindlichkeit, die Feinheit der Wahrnehmung für alle Punkte der Netzhaut die gleiche wäre, wie für den Punkt des deutlichsten Sehens. Das Wort Horopter kann eine zweifache Bedeutung haben, man kann von einem thatsächlichen Horopter reden und von einem theoretischen: Der letztere kann auf einen Punkt geschwunden sein, wo der thatsächliche Horopter noch eine ansehnliche Fläche bildet. Kaum bedarf es der Erwähnung, dass es sich bei besonderen Versuchen mit Doppelbildern, wie ich sie früher angestellt habe, nicht um den thatsächlichen Horopter handeln konnte und sollte, sondern um den theoretischen Horopter, um das, was beim gewöhnlichen Sehen der Fall sein würde, was ohne besondere Versuche in die Erscheinung treten würde, wenn nicht eine, nur in gewisser Beziehung so zu nennende, relative Unvollkommenheit unserer Netzhaut die Erscheinung verschleierte. Theoretisch streng genommen giebt es nur die zwei Extreme, entweder ein in allen Punkten einfach gesehenes binoculares Sehfeld, oder ein in allen Punkten ausser dem fixirten doppelt gesehenes; aber praktisch genommen liegen zwischen diesen beiden Fällen noch sehr viele Uebergangsstufen von dem Falle, in welchem wir am Besten, am Deutlichsten, am Schärfsten (indirect) binocular sehen, bis zu

einem Falle, da dies am Wenigsten gut geschieht, ohne dass grade eclatantes Doppelsehen in der Region des indirecten Sehens, wo noch einigermassen ein Erkennen möglich ist, stattzufinden braucht. Während es für die Theorie vom Horopter gleichgültig ist, ob die auf die Sehaxe projicirte Drehung der Netzhaut viel oder wenig beträgt, denn sobald der Winkel ϑ nicht = Null ist, so giebt es keinen flächenhaften Horopter (in theoria), so ist es auf der anderen Seite für die Praxis, für unser binoculares Sehen keinesweges gleichgültig, wie gross der Winkel ϑ ist, denn je kleiner derselbe bei den symmetrischen Augenstellungen in beiden Augen ist, desto besser steht es mit unserem indirecten binocularen Sehen, geringe Verschiebungen der Doppelbilder von Objecten, die nicht grade punktförmig sind, bemerken wir nicht oder wenigstens nicht leicht, wie denn sogar die besonders dafür angestellten Versuche, in denen man solche Verschiebungen erkennen will, immerhin schon einige Uebung erfordern. —

Es lässt sich ein Princip denken, nach welchem die Drehungen des Auges hätten erfolgen können, bei dessen Realisirung alle Augenstellungen sich gleich verhalten hätten in Bezug auf das Einfachsehen, indem bei allen ein flächenhafter Horopter vorhanden gewesen wäre: ich habe dies Princip schon früher (zur Lehre von d. Bew. d. Auges) erörtert, und auch oben war von demselben die Rede. Dieses Princip der Drehungen des Auges würde ganz besondere eigenthümliche Anforderungen an die Mechanik der Augenmuskeln, an das Zusammenwirken derselben gestellt haben und es ist wohl nicht ungerechtfertigt, wenn wir vermuthen, dass überhaupt Gründe, welche in der Mechanik der Augenbewegungen gelegen sind, es verboten, jenes Princip zu realisiren, welches für das binoculare Sehen das Vortheilhafteste gewesen sein würde. Die Consequenzen des am Auge wirklich eingehaltenen Princips der Bewegungen für das binoculare Sehen habe ich früher nur für die symmetrischen Augenstellungen einer genaueren Untersuchung unterworfen. In ähnlicher Weise könnten nun auch mit Hülfe der Doppelbilder, die Consequenzen bei unsymmetrischen Augenstellungen speciell untersucht werden. Zwar lässt sich aus dem, was die Beobachtungen des Mariotte'schen Fleckes ergaben, mit Rücksicht auf das, was von den symmetrischen Augenstellungen bekannt ist, im Allgemeinen voraussagen, wie sich die Doppelbilder bei den verschiedenen Combinationen von unsymmetrischen Augenstellungen verhalten werden; doch erheben sich grade bei Betrachtung der unsymmetrischen Augenstellungen einige

Fragen, die noch der besonderen Untersuchung bedürfen; dabei würde unter Anderm auch die Frage zur Sprache kommen dürfen, ob es für das binoculare Sehen eine Bedeutung hat, dass die lateralen Augenstellungen ein anderes besonderes System bilden gegenüber den medialen, wie es oben angegeben ist, dass eine laterale Augenstellung nicht das Entsprechende ist zu einer medialen Stellung mit gleicher longitudo und latitudo, indem, wie man leicht sieht, diese Verschiedenheit der Systeme besonders von Einfluss ist auf die Combinationen unsymmetrischer Augenstellungen, bei denen die Visirebene zwischen horizontaler und 45^0 abwärts geneigter Richtung sich befindet, eine Region innerhalb welcher die Augen am Meisten benutzt werden. Doch diese Frage, so wie manche andere hier auftauchende, führt zu weit, als dass ich hier näher darauf eingehen kann, und ich bin genöthigt, die Untersuchung für dies Mal hier abzubrechen. —

Der Mechanismus der Doppelgelenke mit Zwischenknorpeln.

Von

Dr. **W. Henke,**
Prosector und Privatdocenten in Marburg.

(Hierzu Taf. II—IV.)

Einleitung.

Das Grundprincip aller Gelenkbewegung am menschlichen Skelett ist das Schleifen congruenter Berührungsflächen. Danach berühren sich die mit einander articulirenden festen Körper bei allen normaler Weise möglichen Stellungen der Gelenke in flächenhafter Ausdehnung. Es folgt daraus mit Nothwendigkeit die mathematische Bedingung, dass die Berührungsflächen so geformt sein müssen, dass sie bei einer gewissen Bewegung kein Raumstück durchmessen, sondern nur ihre eignen Fortsetzungen beschreiben. Dieser Bedingung entsprechen bekanntlich nur wenige Flächen, welche man als entstanden aus den einfachsten Bewegungsformen von Linien sich vorstellen kann, und diese einfachsten Bewegungsformen sind es dann auch, die den Gelenken zukommen, wenn die Berührungsflächen der in ihnen zusammentretenden festen Körper diesen Formen entsprechen. Es sind: 1) einfache progressive Bewegungen in einer festen Richtung, 2) einfache Drehungen um eine feste Axe und 3) einfache Combinationen beider in gleichbleibendem Verhältnisse der Richtung und Grösse, wobei die Axe der rotirenden Bewegung zugleich die Richtung der progressiven ist (Schraubenbewegung), durch die so eine Linie die Berührungsfläche eines congruent schleifenden Gelenkes beschreiben kann, in welchem dann die entsprechende einfache Bewegung möglich ist. Da progressive Schleifung rein (wie an Schlittenapparaten) am Skelett wohl nicht vorkommt und auch die in den Schrauben an die rotirende gebundene meist nur unbedeutend ist, so wäre fast das einzig mögliche

Bewegungsgesetz der Gelenke die Drehung um eine feste Axe, wozu nur noch als specieller Fall die Drehung um drei oder unendlich viele in einem Punkte sich schneidende kommt, wenn die Berührungsfläche eine Kugel ist. Wenn aber trotzdem so mancherlei Mechanismen in den Gelenken zu entdecken sind, so beruht dies zwar zu einem kleinen Theile auf den Abweichungen von dem obigen Grundprincip, welche die Construction der organischen Apparate zulässt, hauptsächlich aber auf den verschiedenen Combinationen mehrerer einfacher Gelenke zu gemeinsamen mechanischen Systemen. Dahingegen hat neuerdings Langer[1]) einerseits die Bedeutung kleinerer Ungenauigkeiten in engere Grenzen einschliessen wollen, andererseits für manche Gelenke ein anderes Princip zu Grunde legen zu müssen geglaubt, zunächst für gewisse Gelenke der Vögel (die ich nicht näher kenne) dann aber auch für das Knie beim Menschen, und Ludwig[2]) hat diese Vorstellung adoptirt. Ich denke (wenigstens für menschliche Gelenke) im Folgenden, besonders in der Erklärung des Kniegelenks zu zeigen, dass dies unnöthig wird, jas ogar für falsch erklärt werden kann, wenn man die Combination mehrerer Articulationen zu zusammengesetzten Gelenken gehörig berücksichtigt. So ist es insbesondere die Beweglichkeit zweier benachbarter Skelettabschnitte gegen einander um zwei Axen mit Ausschluss einer dritten (wie z. B. die zwischen der Hand und dem Radius), namentlich auch um zwei sich nicht schneidende Axen, die nur im Kleinen vermöge jener Ungenauigkeiten in einfachen Gelenken realisirt sein kann (Sattelgelenke), aber mehr im Grossen dadurch zu Stande kommt, dass mehrere einfache Gelenke nahe zusammengelegt sind, indem zwischen zwei Hauptabschnitte des Skelettes ein kleinerer eingeschaltet ist, der dann mit beiden durch besondere aber häufig in gewisser Weise zusammenwirkende Gelenke in Verbindung steht. Dies Verhältniss hat H. Meyer[3]) bereits ausführlich definirt und unter einen allgemeinen Ausdruck gebracht, indem er ein solches kleines Zwischenstück zwischen zwei Knochen sei es auch selbst ein Knochen (wie der Talus) oder nicht, als Meniscus bezeichnet. Bekanntlich ist diese Bezeichnung zunächst von den nicht aus Knochen, sondern

---

[1]) Ueber incongruente Charniergelenke. Sitzungsber. d. math. naturw. Cl. d. k. Akad. zu Wien Bd. XXVII. S. 182., und Ueber die Fussgelenke der Vögel. Denkschriften d. k. Akad. math. natw. Cl. Bd. XVI.

[2]) Lehrbuch d. Physiologie des Menschen. Zweite Aufl. 1858. S. 497 ff.

[3]) Lehrbuch der physiologischen Anatomie I. S. 48.

aus Faserknorpel gebildeten dünnen Scheiben hergenommen, durch deren Zwischenschaltung einige Gruppen zu gemeinsamen Mechanismen verbundener einfacher Gelenke in möglichste Nähe zusammengerückt sind. Gerade auf diese Fälle selbst aber, die demnach den Typus solcher Combinationen gewissermaassen am vollkommsten darstellen, ist die Einsicht, dass man, um solche Mechanismen zu verstehen, zunächst die einfachen durch den Meniscus getrennten Gelenke in ihrer Selbstständigkeit auffassen muss, noch am wenigsten consequent von Meyer und anderen angewandt.

Solche combinirte Gelenke, in denen die einzelnen Articulationen nur durch Bandscheiben getrennt sind, haben allerdings gegenüber solchen, bei denen die Trennung durch kleine Knochen vermittelt wird, die Eigenthümlichkeit, dass bei ihnen die eigene Form des Zwischengliedes in Folge seiner Elasticität nicht so ohne Weiteres als unveränderlich betrachtet werden kann. Dieser Umstand ist aber für die Auffassung des Mechanismus keineswegs von so durchgreifender Bedeutung, wie es auf den ersten Blick scheinen könnte und vergrössert nur den Spielraum der kleinen, auch schon bei Verbindungen von Knochen unter sich zulässigen Abweichungen von den strengen Regeln, die man sowohl für das congruente Schleifen der einfachen Articulationen als auch für ihre Combination mathematisch ableiten kann. Diese Abweichungen sind nicht so principiell, dass es dadurch unmöglich oder auch nur unpraktisch würde bei der Schematisirung der Bewegungsgesetze auch dieser Gelenke dasselbe Princip zu Grunde zu legen. Denn, da die Gelenkflächen der Bandscheiben sich eben so genau, ja noch genauer an die eines Knochens anschliessen, als es die eines andern Knochens könnten, und da diese Gelenkflächen der Knochen, auf die sie passen, sich wie in anderen Gelenken als nahezu regelmässig gekrümmt sehr deutlich erkennen lassen, so wird damit die Form derselben ebenso bestimmend für den Gang der Bewegung, wie bei anderen Gelenken, und, da die andern Dimensionen der Bandscheiben (namentlich der Abstand der durch sie getrennten Gelenke) im Gegensatz zu denen auch der kleinsten gelenktragenden Knochen viel kleiner sind als die ihrer Gelenkflächen, so wird der Einfluss ihrer doch nicht sehr grossen Compressions- und Torsionsfähigkeit so unbeträchtlich, dass man sie bei der Ableitung der Bewegungsgesetze sehr annähernd genau ebenso als feste Körper auffassen kann, als hätte man Knochenplatten vor sich. Man muss sich freilich dabei auch stets bewusst bleiben, dass man bei einer solchen Ungenauigkeit der ersten Voraussetzungen

auch die Ansprüche an Genauigkeiten der möglichen Definition der Gesetze nicht wenig herabzustimmen hat, weil man sich sonst durch übertriebene Feinheit der mathematischen Ableitungen gerade hier besonders leicht in Widersprüche verwickelt. Mit dieser kleinen Einschränkung also ist die Form der Gelenkköpfe, an welche sich die Bandscheiben als Pfannen anschliessen, in gleicher Weise die Grundbedingung der Bewegungsgesetze und umgekehrt durch sie bedingt; aber es kann diese Form selbst und mit ihr das Gesetz der Bewegung an mehreren Stellen ihrer ganzen Bahn etwas verschieden sein, da sich die Pfanne einer etwas veränderten Krümmungsform des Kopfes ebenfalls anschliessen kann um so mehr, wenn eine derartige Veränderung der von ihr geforderten Lagerung gleichzeitig in zwei durch eine Bandscheibe getrennten Articulationen eintritt [1]). Es werden auch deshalb hier noch mehr als an anderen Gelenken Fälle eintreten, wo man kleine Abweichungen von der strengen Gesetzmässigkeit mit sich selbst congruenter Verschiebung der Berührungsflächen, also nach dem adoptirten Princip unmögliche Combinationen doch als factisch wirksam anerkennen und also bei einer angenäherten Schematisirung nach diesem Principe stehen bleiben muss.

Es bilden demnach die Gelenke, in denen sich zwischen die in ihnen vereinigten Knochen eine Bandscheibe als Zwischenglied einschiebt, physiologisch wie morphologisch einen Uebergang von den Verbindungen der mit festen Gelenkflächen aufeinandergepassten Knochen zu den regellos in verschiedenen Richtungen durch Pressung und Dehnung der faserigen oder faserknorpeligen Zwischensubstanz mehr oder weniger beweglichen Symphysen. Ein Beispiel, das sich fast ganz den ersteren anschliesst, bietet die Einschaltung der Bandscheibe des Handgelenks zwischen Ulna und Handwurzel. Sie kann in Bezug auf ihr Verhalten zu beiden durch sie getrennten Gelenken ganz wie ein Fortsatz des Radius betrachtet werden, mit dem sie eine in ihrer Form nicht gesetzmässig veränderliche Pfanne sowohl für die Articulationen mit der Hand wie

---

[1]) Angedeutet sind diese kleinen Modificationen, mit denen hier das Princip der congruent schleifenden Bewegung zur Anwendung kommt, bereits von A. Fick (Compendium d. Physiologie S. 105), der zwar von den durch Bandscheiben in zwei zerlegten Gelenken zuerst meint, dass sie „sich eines sehr bestimmten Mechanismus erfreuen, ohne dass derselbe durch Drehung auf einander passender Flächen bestimmt sei," dann aber doch die Möglichkeit zugiebt, sie durch Theilung in zwei auf jenes Princip des congruenten Schleifens zurückzuführen, wie ich es hier versuche.

mit der Ulna bildet; und doch wird man nicht verkennen, dass die Elasticität eines Anhanges der, wenn er verknöchert zwischen zwei so nahe benachbarte Gelenke hineinragte, bei der geringsten Unregelmässigkeit der Bewegung zerbrechen würde, ein Mittel mehr ist, um die Hemmung der Handgelenksbewegungen allmäliger zu machen. Auf der andern Seite wird man mit Henle[1]) die Verbindungen des Schlüsselbeins, mit der Schulter sowohl als mit dem Brustbein, welche beide durch Einschaltung faseriger Massen zu Stande kommen, einfach als sehr bewegliche Synchondrosen betrachten können, da die Oberflächen mit denen Knochen und Bandscheiben sich berühren, auch in dem grösseren Gelenke am Brustbeine nur in exquisiten Fällen so regelmässig gebildet sind, dass man versuchen könnte bestimmtere Bewegungsgesetze aus ihrer Form abzuleiten.

Eigenthümlicher in ihrer Art der Verbindung von schleifenden Bewegungen mit kleinen, weniger regelmässigen Hülfsverschiebungen sind die zusammengesetzten Mechanismen, in denen Bandscheiben hauptsächlich zur Wirkung kommen. Dahin gehört bekanntlich zuerst die Verbindung des Unterkiefers mit dem Schädel. Symmetrisch an beiden Seiten des Kopfes finden Gelenkverbindungen zwischen ihnen Statt, die natürlich von einander nicht unabhängig sind, und jede derselben ist wieder aus zwei an sich auch selbstständigen, aber stets mehr oder weniger zusammenwirkenden Articulationen combinirt, die durch die biconcave einerseits mit dem Gelenkkopfe des Schläfenbeines andrerseits mit dem des Unterkiefers articulirende Bandscheibe getrennt sind. Dieses Verhältniss ist zuerst von Henle[2]) in seiner Bedeutung für den Mechanismus richtig gewürdigt, indem er nachwies, wie die Axe der Bewegung zwischen der Bandscheibe und dem Gelenkkopfe am Schädel ebenso in diesem wie die der unteren Articulation in dem des Unterkiefers liegt. Von dieser Beobachtung hat die Analyse der Bewegungen des Unterkiefers auszugehen und nun zunächst die Schleifungsgesetze der einzelnen Articulationen, sodann ihr Zusammentreten zu verschiedenen Gesammtbewegungen ins Auge zu fassen. Ganz analog wie die Verbindung dieser vier Articulationen zwischen Schädel und Unterkiefer zu einem Gesammtmechanismus ist zweitens in jedem Kniegelenke die Verbindung der vier Gelenkflächen auf dem Femur und der Tibia mit den zwischen sie eingeschalteten

---

[1]) Bänderlehre S. 67.

[2]) a. a. O. S. 58. Ich komme unten näher darauf zu sprechen.

Bandscheiben; es liegen auch hier zwei Paar Articulationen nebeneinander, von denen die beiden oberen und unteren zwar nicht symmetrisch aber doch ziemlich analog gebildet sind. Nur sind sie einander, namentlich im Verhältniss zu den Dimensionen der einzelnen Berührungsflächen, näher gerückt und ausserdem ist ihre Combination dadurch complicirt, dass die Bandscheiben (wie dies ja ausnahmsweise auch an der des Kiefergelenks vorkommt) keine vollständige anatomische Trennung der oberen von den unteren Articulationen bilden, weil ihre zu beiden gehörigen Oberflächen sich noch innerhalb des Gelenks in einem freien Rande treffen, neben dem beide Gelenkhöhlen communiciren, und also beide Knochen sich stellenweise berühren. Da aber ihre Oberflächen grossentheils gar nicht einander entsprechend gekrümmt sind, so bleibt diese Berührung von gewissen Stellungen abgesehen fast immer auf eine sehr kleine Strecke in der Nähe des Randes der Bandscheibe beschränkt und ist daher zwar wichtig für die Festigkeit des Gegeneinanderstemmens der beiden Extremitätenabschnitte aber keineswegs bestimmend für den Modus ihrer gegenseitigen Verschiebbarkeit. Wenn es nur diese in der That nahezu punctuelle Berührung von einander durchaus unähnlich gekrümmten Flächen wäre, wodurch dieselben eine Rolle in dem Gelenke spielten, so wäre es berechtigt, wenn A. Fick[1]) überhaupt ihre Bedeutung für den Modus der Bewegung leugnet und zur Bestimmung desselben nur die Spannung des Bandapparates als wirksam betrachten zu müssen glaubt. Es findet aber ausserdem stets eine keineswegs incongruente Schleifung zwischen den oberen sowohl als den unteren Gelenkflächen und den eingeschalteten Bandscheiben statt, der entsprechend die Gelenkflächen gesetzmässig gekrümmt sind. Diese Schleifung also ist es, für welche aus der Krümmungsform der Oberflächen der Knochen feste Gesetze abgeleitet werden können, die sich sehr nahezu auf die Principien congruenter Schleifung zwischen ganz festen Körpern zurückführen lassen. Die vier Articulationen zwischen je einem Knochen und einer an ihm anschliessenden Bandscheibe sind also die einfachen Elemente des ganzen Mechanismus, die man einzeln verstehn muss um dann die Gesammtbewegung aus ihrem Zusammenwirken zu erklären. Die Bänder aber wirken wesentlich nur mit, wie an allen Gelenken, indem sie das feste Aufschliessen der Flächen erhalten helfen. Diese Bedeutung der Bandscheiben ist auch für das Kniegelenk schon hie und da

[1]) a. a. O. S. 104.

angedeutet[1]), aber consequent durchgeführt in der eben angedeuteten Betrachtungsweise des ganzen Systems ist sie noch nie, und ich glaube zeigen zu können, dass in Folge dessen die eingehendsten Erklärungsversuche des Kniegelenks das Wesentliche doch ganz verfehlt haben, indem sich aus der unmittelbaren Beziehung der Knochenflächen aufeinander weitere Voraussetzungen ergaben, die eine richtige Auffassung von vornherein unmöglich machten ebenso, wie beim Kiefergelenk.

Es ist namentlich klar, dass in beiden Fällen, wenn man erst die Unabhängigkeit der oberen und unteren Articulationen von einander richtig gewürdigt hat, auch die seitlich nebengeordneten, seien sie ganz symmetrisch oder nur analog gebildet, dann auch nicht mehr auf einerlei Drehungsaxen zurückgeführt zu werden brauchen, was auch in der That nicht möglich ist. Es müsste möglich sein, wenn nur zwei, wenn auch anatomisch getrennte Gelenkverbindungen zwischen nur zwei festen Körpern beständen, wie es den Anschein haben muss, so lange man die Bandscheiben nicht als völlig selbstständige Zwischenglieder anerkennt. Denn so ist es ja auch selbstverständlich, dass beide, wenn auch in verschiedene Gelenkhöhlen sehende Flächenverbindungen zwischen Radius und Ulna, zwischen Talus und Calcaneus ganz als Stücke einer einfachen Articulation zu fassen sind, die nicht jedes seine eigene Krümmungsaxe haben können, und so hat man consequent auch beide Articulationen der Unterkieferköpfe und der Femurcondylen zusammengefasst, da sie von nur Einem Körper getragen auch, wie man annahm, wieder mit nur Einem articulirten. So hat man namentlich am Knie durch die Annahme gemeinsamer Axen, gemeinsamer Richtung der Axen für die beiden Condylen (bis auf ein kleines Stück von dem bereits H. Meyer eine richtigere Ansicht entwickelt hat) die Analyse ihrer Form erst complicirt oder vielmehr ganz unmöglich gemacht. Geht man aber davon aus, dass jeder dieser Gelenkköpfe zunächst mit einer besondern Bandscheibe und die Bandscheiben erst wieder beide mit dem zweiten Knochen in directer Verbindung stehen, so ist damit auch eine Verschiedenheit der beiden an denselben Knochen angesetzten Gelenkflächen nicht mehr ausgeschlossen, da ja eine

---

[1]) Vergl. Henle a. a. O. S. 12, wo das Knie neben dem Kiefergelenk als Beispiel für von Bandscheiben getragene portative Pfannen angeführt ist, und H. Meyer a. a. O., der wenigstens den lateralen Semilunarknorpel als Meniscus betrachtet.

Differenz, der aus ihrer Krümmung resultirenden Einzelbewegungen, welchen der andere Knochen nicht zugleich folgen könnte, durch eine gleichzeitige Bewegung zwischen dem letzteren und den Bandscheiben compensirt werden kann. Es liesse sich noch Manches im Allgemeinen über die Consequenzen, die daraus für beide Fälle gemeinsam sich ergeben, hinzufügen. Es werden sich aber die Analogien beider, soweit sie von Interesse sind, von selbst erkennnen lassen, wenn ich sofort beide nach einander, auf der angedeuteten Auffassung fussend, einzeln zu analysiren versuche. Der Gang der Betrachtung wird für beide der sein, dass ich zuerst durch einen Ueberblick über die bisherigen Erklärungsversuche die aufgestellte Behauptung zu begründen suche, sie seien ungenügend, soweit sie eben nicht die einzelnen Articulationen unterscheiden, dass ich dann diese erst einzeln analysire um endlich aus ihrer vereinigten Wirkung die Gesetze der Gesammtbewegung abzuleiten.

I. Die Bewegungen des Kiefergelenkes [1]).

(Vergl. Taf. I und II.)

Einleitung.

In Bezug auf das Kiefergelenk ist, wie erwähnt, bereits von Henle der einzig richtige Weg eingeschlagen, welchen ich in der nachfolgenden Darstellung ebenfalls einhalten werde. Die früheren Beschreibungen von diesem Mechanismus haben daher nur noch historische Bedeutung und diese kaum. Sie bedürfen keiner ausführlichen Widerlegung; doch ist ein kurzer Rückblick auf ihre Hauptpunkte nicht ohne Interesse, theils weil sich in ihnen hie und da ganz richtige Beobachtungen zeigen, die nur anders gedeutet werden müssen, dann aber besonders auch der Analogie wegen, die zwischen ihnen und den weit mehr ausgearbeiteten, im Princip aber nicht minder verfehlten und noch nicht so einfach beseitigten Darstellungen des Kniegelenks besteht, mit deren Widerlegung ich mich nachher zu beschäftigen haben werde. Die Beobachtung, auf welche sich die hergebrachten Vorstellungen von

[1]) Die Auffassung der Kieferbewegung, die in dem Folgenden entwickelt ist, habe ich schon im Sommer 1858 Herrn Professor Donders, bei welchem ich damals das Glück hatte als Assistent beschäftigt zu sein, in ihren wesentlichen Zügen mitgetheilt. Sie ist daher auch in der neuen deutschen Ausgabe seiner Physiologie (S. 291 ff.) bereits kurz zusammengefasst.

der Bewegung des Unterkiefers stützen, macht jeder angehende Student, wenn er zum ersten Male einen macerirten Schädel in die Hand nimmt. Er findet an demselben jederseits vor der Oeffnung des knöchernen Gehörgangs eine Vertiefung an der unteren Fläche des Schläfenbeins. Wenn er in diese den Gelenkkopf des Unterkiefers einsetzt, kann er denselben ohne die feste Anstemmung aufzugeben ganz artig klappernd bewegen, wie wenn der Mund geöffnet und geschlossen würde. Nichts lag nun näher als die Vertiefung des Schädels für eine Gelenkgrube zu halten, in die der Gelenkkopf des Unterkiefers einpasste. Dieselbe harmonirt aber, wenn man auf den nicht macerirten Schädel und vollends auf die Erscheinung der Bewegung am lebenden Menschen Rücksicht nimmt, keineswegs mit andern Gelenkgruben. Zunächst rein anatomisch: sie hat keinen Knorpelüberzug, der hintere Theil nicht einmal eine glatte seröse Bekleidung, da von ihm direct schon Bandmassen entspringen. Der vordere aber geht plötzlich in eine Convexität über, die viel mehr als die Grube nach einer wahren Gelenkfläche aussieht. Ebenso ist aber physiologisch mit der Vorstellung der angeblichen Gelenkgrube eine Fülle von Widersprüchen verbunden. Man überzeugt sich nämlich leicht, dass der Gelenkkopf nicht nur beim reinen Vorwärtsschieben des Kiefers, sondern auch beim ganz gewöhnlichen Mundöffnen die Grube verlässt und sich nun auf jene convexe Knochenleiste stützt, in welche dieselbe vorn übergeht. So wäre er also bei jeder normalen Bewegung luxirt und auf eine andere Gelenkfläche versetzt, wo er passt wie eine Faust auf ein Auge. Alle diese Widersprüche schlug nun aber leicht die Beobachtung nieder, dass sich zwischen beiden Knochenflächen die Bandscheibe findet, die alle etwa unvermeidlichen Incongruenzen wieder gut machen muss. Ihre biconcave Form wurde für die Stellung des convexen Kopfes auf der convexen Rolle als passend constatirt für seine angebliche Drehung in der Grube aber ignorirt. In der Definition der Bewegungsbahnen ging es nun rein empirisch fort. Hyrtl[1]) erklärte kurz und bündig für die Bewegung des Kiefers gerade nach vorn gäbe es keine Axe; soll also wohl heissen, sie sei rein progressiv, wie an einem Schlittenapparat, nur dass die sämmtlich stark gekrümmten Berührungsflächen doch auf dergleichen am wenigsten sollten schliessen lassen, wenn auch das Endresultat in der That ein ähnliches ist. Für die gewöhnliche Bewegung der Oeffnung des Mundes aber statuirte er

[1]) Topographische Anatomie I. S. 298.

eine Axe etwas abwärts vom Gelenkkopfe, da er bemerkte, dass dieser selbst vorwärts geht, wenn der Kieferwinkel zurücktritt, und daraus schloss, dass ein Punkt zwischen ihnen stillstehn müsse. Darin liegt, wie sich später zeigen wird, ebenfalls etwas wahres, wenn auch genau genommen die angenommene Axe nicht wirklich still steht; aber es leuchtet auch ein, dass damit durchaus keine Erklärung der Bedingungen des Mechanismus gegeben ist. Denn für eine so weit unten liegende Drehungsaxe geben die Krümmungsverhältnisse der Gelenkflächen gar keinen Anhalt; ebenso wenig endlich auch für die in gewisser Beziehung auch richtige Annahme einer senkrechten Axe für die Seitenbewegung. Hyrtl hat denn auch eine nähere Erklärung der einfach constatirten Erscheinungen nicht versucht. Dagegen ist von Steinlin[1]) eine möglichst confuse Deduction derselben gegeben, von der ich jedoch der Kürze wegen nur so viel erwähnen will, als sich auch bei H. Meyer[2]) wiederfindet. Derselbe spricht zunächst ganz richtig aus, dass die Ginglymusbewegung des Unterkiefers um die gemeinsame Axe seiner Gelenkköpfe (die zwar in Wahrheit nicht ganz gemeinsam ist) in dem Meniscus geschieht; die Verschiebung des Meniscus selbst aber ist ihm durchaus nicht klar geworden. Beim Beginn der Mundöffnung soll sie zunächst noch gar nicht mitwirken, sondern einfach der Kiefer um die Queraxe seiner Gelenkköpfe gedreht werden. Dies ist zwar für den gewöhnlichen Gang der Bewegung nicht richtig, aber doch auch noch nicht undenkbar, da man an der Leiche in der That eine kleine derartige Drehung ohne Vorrücken der Bandscheibe machen kann. Weiter ist es sehr natürlich, dass dabei ein vor der Axe zu einer unterhalb derselben gelegenen Stelle des Kiefers hingespanntes Seitenband dadurch etwas mehr gespannt werden muss. Wie es nun aber zugehn soll, dass diese Anspannung plötzlich in dem Endpunkte des Bandes (etwa da also, wo sie schon Hyrtl auf einer an sich durchaus nicht ganz unrichtigen Beobachtung fussend, statuirt hatte) eine neue Drehungsaxe gleichsam gegen den Endpunkt stemmend fixirt, während man doch denken sollte, sie müsste denselben vielmehr beständig in die Höhe zu ziehen streben, und wie sie vollends veranlassen soll, dass der Gelenkkopf plötzlich aus der Grube, in

[1]) Diese Zeitschr. N. F. III. Bd. S. 204.

[2]) A. a. O. S. 89. Die beigefügten Figuren, namentlich Fig. 41 A, geben der in der ganzen Auffassung herrschenden Unklarheit den reinsten Ausdruck, da man von der Form der oberen Gelenkfläche gar nichts rechtes darin sieht.

der er bisher geruht hat, heraus auf das nach unten stark vorragende Tuberculum vorspringen muss, während man doch denken sollte, sie müsste ihn vielmehr erst recht fest in der Tiefe der Grube angedrückt erhalten, dies zu verstehen bin ich nicht im Stande [1]). Wie sich sodann bei dieser Porrection der Axe nach unten durch eine an ihr nach oben ziehende Spannung die Gelenkflächen verhalten, bleibt dunkel.

Diese Unklarheiten sind es, an deren Stelle durch die wenigen hierher gehörigen Bemerkungen von Henle [2]) eine naturgemässere Auffassung begründet ist. Er hebt hervor, dass an dem tiefsten Theil der Grube (die er freilich auch noch als Pfanne bezeichnet) schon Bänder festsitzen, woraus unmittelbar folgt, dass die wahre Gelenkfläche wesentlich auf dem Tuberculum articulare zu suchen ist und weiter, da dieses in sagittaler Richtung deutlich convex gekrümmt ist, dass, wenn die Bandscheibe auf ihm vorwärts verschoben wird, wobei ihr der Gelenkkopf natürlich folgt, die Axe dieser Bewegung nicht unter, sondern über dem Gelenke in dem Tuberculum liegt. Indem nun Henle diese Art der Bewegung, wobei der Gelenkkopf vorrückt, von der nur an der Leiche möglichen Drehung desselben um seine Axe an der in der Grube d. h. also an der Hinterfläche des Tuberculum ruhenden Bandscheibe unterscheidet, sagt er es zwar nicht ausdrücklich, doch ergänzt es sich leicht, da es die Figuren zeigen, dass auch bei der gewöhnlichen Art der Mundöffnung neben der dem Gelenkkopfe und der Bandscheibe gemeinsamen Verschiebung nach vorn nicht minder, sondern erst recht auch die Drehung zwischen ihnen um die Axe des Gelenkkopfes nothwendig mit geschieht.

Man kann diese fundamentalen Resultate einer einfachen Betrachtung der Construction des Gelenks, wenn man will, noch etwas schärfer aussprechen. Das Erste, was besonders der früheren Auffassung gegenüber betont zu werden verdient,

---

[1]) Doch liesse sich immerhin etwas dabei denken, wenn man nur schon von der Lage der Axe eine richtigere Vorstellung hätte und sie nicht erst hieraus sollte ableiten können.

[2]) A. a. O. Daselbst ist zwar nur ganz kurz und beiläufig aber doch hinreichend deutlich die wahre Bedeutung des sogenannten Tuberculum als des eigentlichen Trägers der für die Bewegung zwischen Schädel und Bandscheibe bestimmenden Gelenkfläche und damit der Axe dieser Bewegung bezeichnet, so dass man nicht einsieht, warum Henle selbst und Meissner in ihrem Jahresberichte gerade davon geschwiegen haben, Ludwig aber (Physiologie des M. I. S. 503) mir eine unverdiente Ehre anthut, wenn er meine mündliche Mittheilung als Quelle gerade für diese wichtige Notiz anführt.

ist das einfache Factum, dass eine Gelenkpfanne am Schädel ebenso wenig existirt als etwa am unteren Ende des Humerus, wo ja auch die Gelenkrolle an ihren Enden in noch zum Theil serös bekleidete Gruben übergeht, auf denen aber eben nicht ein Schleifen einer anderen glatten Gelenkfläche stattfindet, sondern nur ein schliessliches Anstemmen des Olecranon oder des Processus coronoideus, wenn das Schleifen der Pfanne des Unterarms auf der Rolle des Humerus ein Ende hat. Eine solche ganz einfache Gelenkrolle stellt auch hier das Tuberculum articulare vor, wie schon in der Einleitung angedeutet. Ihre Axe steht nahezu transversal, wie die des Unterkieferkopfes. Zwei einfache Charnierrollen mit nahezu parallelen Axen liegen also dicht übereinander. Für beide trägt die Bandscheibe eine genau aufschliessende Pfanne, die sich beträchtlich gleitend auf ihnen verschieben kann. Diese Verschiebungen in den einfachen Articulationen sind an sich ganz selbstständig, setzen sich aber bei der gewöhnlichen Oeffnung des Mundes so zusammen, dass der Unterkiefer gleichzeitig mit den Bandscheiben um die Axen der oberen Articulationen vorwärts und ohne sie um die der unteren im entgegengesetzten Sinne gedreht wird (um die oberen linken, und die unteren rechten Halbaxen); bei Schliessung des Mundes beides umgekehrt. Demgemäss will ich die einfachen Axendrehungen der oberen sowohl als der unteren Articulationen Oeffnungsdrehung und Schliessungsdrehung nennen, je nachdem sie bei der Oeffnung oder Schliessung zur Anwendung kommen, abgesehen von dem Erfolg, den sie haben würden, wenn sie isolirt vorkämen. Die anderen Arten der Kieferbewegung sind nur andere Combinationen derselben einfachen Axendrehungen mit geringen Modificationen. Ehe dieselben aber einfach abgeleitet werden können, ist es nöthig die Einzelbewegungen isolirt zu betrachten, da man sonst zu leicht die Antheile derselben, welche bei den Combinationen sich compensiren übersieht und so das Ganze nicht versteht.

Bewegungen der einzelnen Articulationen.

Die oberen Articulationen sind nach dem Vorigen Charniere, gebildet von der Gelenkrolle des Schädels und der oberen Pfanne der biconcaven Bandscheiben, welche sich um die im Allgemeinen quere Axe jener in der Richtung von hinten nach vorn (Oeffnungsdrehung) und umgekehrt (Schliessungsdrehung) drehen kann. Die Axen der linken und rechten Articulationen würden ganz zusammenfallen, wenn sie rein transversal wären. Dies sind sie nicht, aber doch so nahezu,

dass man für die erste Betrachtung ganz gut von dem Sagittalschnitt ausgehen kann, indem man ihn als senkrecht zur Axe betrachtet und so zugleich von dem Unterschiede zwischen der linken und rechten Seite fürs Erste absieht. Auf einem solchen Schnitte zeigt das Profil der Gelenkrolle des Schläfenbeines eine Krümmung, die man in den meisten Fällen sehr gut als Stück eines Kreises betrachten kann, dessen Mittelpunkt über dem vorderen Theile desselben liegt. In exquisiten Fällen (vergl. Fig. 1) ist es bei gewöhnlicher Körperstellung etwa der hintere untere Quadrant des ganzen Kreises, sodass der hintere Rand der Gelenkfläche etwa in gleicher Höhe mit dem Mittelpunkt der vordern gerade unter demselben liegt. Es giebt freilich davon viele individuelle Abweichungen. Oft ist das Profil der Gelenkfläche ein kleineres Stück eines Kreises mit grösserem Radius (vgl. Fig. 2). Es kommen auch nicht selten Stellen vor, wo die Krümmung plötzlich etwas mehr oder weniger stark wird (vgl. Fig. 3. 4.), was, wie schon in der Einleitung hervorgehoben, einer elastischen Pfanne gegenüber wohl zulässig ist. Solcherlei Varietäten sind dann ausserdem oft als ähnlichen in der unteren Articulation entsprechend zu erkennen. Immer ist aber im Allgemeinen eine constante Krümmung der Schleifungsfläche in sagittaler Richtung deutlich, deren Hauptmittelpunkt (der Durchschnitt also der Drehungsaxe), wenn auch nicht ganz genau derselbe für alle Theile der Krümmung, doch wesentlich über dem vorderen Ende derselben liegt.

Die Drehungsaxe liegt also mehr oder weniger hoch (im Durchschnitt einen halben Zoll) über der tiefsten Stelle der Gelenkfläche des Tuberculum, die nahezu mit dem vorderen Rande zusammenfällt, während sich der hintere von da beträchtlich hinauf erstreckt. Hier setzt sich dann die Rolle meist sehr plötzlich, zuweilen etwas allmäliger, wie in den von Henle[1]) abgebildeten Fällen, gegen die vordere Wand des knöchernen Gehörgangs ab, welche mit dem hintersten Stücke der Rollenkrümmung einen rechten, ja oft spitzen Winkel bildet (die mehrgedachte Gelenkgrube). Diese zum Theil noch in die Synovialhöhle mit aufgenommene Knochenfläche ist eines der schönsten Beispiele von dem, was ich eine Hemmungsfläche nenne, ganz ähnlich wie die schon oben zum Vergleich herbeigezogenen beiden Oberflächen der dünnen Knochenplatte, die sich an die Mitte der Gelenkrolle des Humerus für die Ulna anschliesst, an welchen diese beim

1) A. a. O. Fig. 42. 45. 46.

Schlusse der Bewegungen anstösst. Denn, wenn der hintere Rand der Gelenkfläche der Bandscheibe den der Rollenfläche erreicht hat, also die Schliessungsdrehung der oberen Articulation an ihrem Ende angekommen ist, so wird dies dadurch fest bestimmt, dass der hintere von Bandinsertionen eingenommene Rand der Bandscheibe und mit ihm die Hinterfläche des Gelenkkopfes des Unterkiefers, der ja in Bezug auf die Bewegungen der oberen Articulation mit der Bandscheibe fest zusammengehört, sich an dieser glatten Knochenfläche anlegen (vgl. Fig. 1—5), also die Pfanne der oberen Articulation im Sinne der Schliessungsdrehung nicht im geringsten die Rolle überschreiten kann. Sie thut es auch nach vorn normaler Weise nicht. Hier ist es aber nicht wie dort durch eine über die ideale Fortsetzung der Schleifungsfläche vorspringende Knochenwand verhindert. Denn hier fällt im Gegentheil die Oberfläche des Knochens vor dem Gelenk sofort steil nach oben in die Schläfengrube ab, durch deren hinteren Winkel die Rolle von der Kante zwischen Grund- und Seitenfläche der Schädelkapsel zur Wurzel des Jochbogens hinübergespannt ist (vgl. Fig. 1—5). Hier könnte also, wenn eine auf übermässige Oeffnungsdrehung wirkende Gewalt einige Drehung oder Zerreissung der Bänder veranlasst, ein Theil der Pfanne den Rand der Rolle überschreiten, während der Rest noch glatt an ihr aufliegt, und es ist mehr als wahrscheinlich, dass dies bei der Luxation des Gelenkkopfes nach vorn oder auch bei der einfachen übermässigen Oeffnung (Maulsperre) auf die unten noch zurückzukommen ist, in der That geschieht. Die oberen Articulationen des Kiefergelenks sind also um einen an einer anderen Stelle[1]) von mir eingeführten Ausdruck zu brauchen nach Seiten der Schliessungsdrehung geschlossene, nach Seiten der Oeffnungsdrehung offene Gelenke.

Fragt man sich nun, immer noch abgesehen von der kleinen Abweichung der Drehungsaxe von der rein transversalen Richtung, was erfolgen müsste, wenn sich die oberen Articulationen allein ohne die unteren (natürlich dann die linke nicht ohne die rechte) bewegen könnten, so wird sich zwar sogleich ergeben, dass dies so gut wie ganz unmöglich ist, aber es ist doch wesentlich sich ein Bild davon zu machen um hernach den Antheil, welchen sie an den combinirten Bewegungen nehmen, besser verstehen zu können. Geht man dabei von der Stellung der Theile bei ruhig geschlossenem

[1]) Die Luxationen der Fusswurzel. Diese Zeitschr. III. Reihe Bd. II. S. 174. Sie sind also nach vorn durch Abwickelung luxirbar, nach hinten nicht.

Munde aus, so ist leicht ersichtlich, dass, wenn von da aus nur die oberen Articulationen zur Oeffnungsdrehung in Bewegung gesetzt würden, dadurch nicht nur keine Oeffnung des Mundes zu Stande kommen würde, vielmehr im Gegentheil der Unterkiefer als fest verbunden mit der Bandscheibe gedacht mit seinem Vordertheile aufwärts also in den Oberkiefer hinein rücken müsste. Man kann sich dies leicht anschaulich machen, wenn man sich in einem Schema, das die Stellung des Kiefers bei geöffnetem und geschlossenem Munde nebeneinander zeigt (vergl. Fig. 5. 6) die Lage desselben bei der ganz nach vorn gerückten Stellung seines Gelenkkopfes (der die Axe der unteren Articulation also die einzige Transversale trägt, die auch bei der wirklichen Oeffnung ihre Lage nur in Folge der Drehung der oberen verändert hat) so ergänzt denkt, dass eine beliebige Linie an ihm mit der Verbindungslinie beider Axen noch denselben Winkel bilden würde, wie bei ganz geschlossenem Munde. Die Schneidezähne des Unterkiefers würden dann etwa in den oberen Rand der Stirn beissen. Wenn demnach von der vollständigen Schliessungsstellung aus eine isolirte Bewegung der oberen Articulationen zur Oeffnungsdrehung unmöglich ist, so lange man noch seine Oberkiefer hat, so kann beinahe ebenso unmöglich von der Stellung der Theile aus, wie sie bei weit geöffnetem Munde ist, die obere Articulation allein ihre Schliessungsdrehung beginnen, so lange der Kopf auf den Halswirbeln steht, denn der Kieferwinkel müsste sehr bald an diesen anstossen und bei weiterer Fortsetzung der Drehung hinter den Ohren aufsteigen. Von beiden Extremen ihrer Stellung können sich also die oberen Articulationen nicht für sich allein entfernen und nur in Mittellagen wäre eine kleine isolirte Bewegung derselben denkbar. Der Charakter des Ganges ihrer Einzelbewegung bleibt aber auch in den Combinationen, zu denen sie mitwirken, der eben angegebene. Ihre Oeffnungsdrehung würde an sich nur Schliessung des Mundes begünstigen und umgekehrt. Es muss also, wie unten näher zu erklären sein wird, dieser Erfolg bei den wirklichen im Leben vorkommenden Bewegungsarten des ganzen Systemes durch die gleichzeitig entgegengesetzten Drehungen der unteren Articulationen compensirt beziehungsweise übercompensirt werden. Ehe ich jedoch zu diesen übergehe ist schliesslich noch der mehrfach reservirten Abweichung der oberen Axen von der transversalen Richtung zu gedenken.

Die Axe der convexen Krümmung des Tuberculum articulare von hinten nach vorn liegt, wie der einfachste Augen-

schein lehrt, nicht rein transversal, sondern mit dem medialen Ende ein Wenig nach hinten gerichtet, so dass also die der linken und rechten Articulation einen nach vorn offenen, jedoch sehr stumpfen Winkel bilden. Es fragt sich nun, ob die Bandscheiben dem entsprechend, wenn sie sich senkrecht zu den Axen ihrer Rollen einfach um dieselben drehen, bei Oeffnungsdrehung nach vorn und etwas medianwärts bewegt und einander genähert werden, oder ob, wenn sie einander parallel verschoben werden zu der Drehung um die Axen eine Verschiebung in der Richtung der Axe hinzukommt, so dass sie sich wie in Schrauben bewegen. Es scheint, dass beides möglich ist und bei verschiedenen Combinationen der Bewegungen wirklich vorkommt. Bei gewöhnlicher symmetrischer Oeffnung des Mundes scheint eine Nadel, die man etwa in der Richtung der Axe in den Seitenrand der Bandscheibe einsteckt, mit sich selbst parallel so verschoben zu werden, dass sie bei der Drehung aller ihrer Punkte um höher gelegene in der Axe der Medianebene nicht näher rückt. Diese Beobachtung ist zwar nicht sehr genau anzustellen, doch stimmt damit der später zu entwickelnde Zusammenhang der ganzen Bewegung. Man hätte also anzunehmen, dass, wenn die Bandscheibe parallel der Medianebene bewegt wird, die Wege einzelner Punkte an ihr auf der Rolle Schraubenlinien darstellen, die in der linken Articulation links gewunden (dexiotrop) sind. Dies scheint, oder ist auch, zwar eine Contradictio in adjecto, weil Schraubenlinien nicht einer Ebene parallel sein können; aber es ist dann eben nur einer von den Fällen, wo die Elasticität der Bandscheibe eine kleine Ungenauigkeit zulässt. Wenn dagegen bei der Seitenbewegung des Kiefers der eine Gelenkkopf, der seine Stellung in der sogenannten Gelenkgrube verlässt, bei seinem Vorrücken zugleich ein Wenig medianwärts im Bogen um den ruhenden herumgehn muss, kommt dies dadurch zu Stande, dass die denselben tragende Bandscheibe etwa senkrecht zur Axe der oberen Rolle also in reiner Drehung um dieselbe bewegt wird Man kann dies leichter als das Vorige auch durch die entsprechend verlaufende Spurlinie einer in die Bandscheibe eingesteckten Nadel anschaulich machen. Zuweilen sieht auch das mediale Ende der Rolle derartig zugespitzt aus als ob hier durch Drehung um eine mit dem lateralen Ende etwas aufwärts gerichtete Axe die Ablenkung der Bewegung der Bandscheibe aus der sagittalen Richtung mitbedingt sein könnte. Dass sich dies alles nicht absolut scharf definiren lssst, geht schon daraus mit Nothwendigkeit hervor, dass dann unmöglich verschiedene

Bewegungsrichtungen nebeneinander bestehn könnten, während es factisch in Folge der Elasticität der Bandscheibe sehr natürlich ist, dass sie bei der geringen transversalen Krümmung der Rolle (also der Krümmung, welche ihrer Erzeugungslinie angehört) bald etwas mehr bald etwas weniger neben ihrer Umdrehung um die Axe der Hauptkrümmung auch seitwärts verschoben werden kann. Daneben ist nicht zu übersehen, wie abgesehen von der Ablenkung der Bewegungsbahn, die sich durch Seitenverschiebung compensiren kann, auch der Charakter der Drehung selbst in Folge der Abweichung der Axe von der rein transversalen Richtung etwas anders wird, indem zu der Drehung um die Transversale ein kleiner Antheil um eine Sagittale kommt, der natürlich für die linke und rechte Articulation bei derselben Hauptdrehung den entgegengesetzten Sinn hat. Bei Oeffnungsdrehung der linken oberen Articulation würde in Folge dessen der rechte Gelenkkopf etwas nach oben bewegt werden und umgekehrt bei derselben Drehung auf der rechten Seite der linke. Dies muss in den unteren Articulationen compensirt werden.

Die unteren Articulationen sind Charniere, gebildet von der Gelenkrolle des Unterkiefers und der unteren Pfanne der biconcaven Bandscheibe und, wie die oberen, links und rechts symmetrisch mit nicht ganz doch sehr nahezu identischem Bewegungsgesetze, so dass auch hier der einfachste Weg der Auffassung der ist, zunächst den Sagittalschnitt als senkrecht auf der Axe, die dann für beide gemeinsam wäre, anzunehmen und dann nachträglich die Correction anzubringen, welche die kleine Neigung der Axen gegen die Medianebene und ihre dem entsprechende Kreuzung auch hier nöthig macht. Vom Sagittalschnitte ausgehend stellt sich die einfache Bewegung der unteren Articulationen nahezu so dar, wie das Schema, nach dem man ursprünglich die ganze Bewegung der Oeffnung und Schliessung des Mundes aufgefasst hat. Der Unterkiefer dreht sich in ihnen um die Queraxe seines Gelenkkopfes in dem Sinne, welcher sich bei der Oeffnung und Schliessung in diesen von selbst zu erkennen giebt nur um grössere Winkel, als es nach der resultirenden Senkung seines Vordertheiles den Anschein hat, weil dabei ausserdem, wie oben gezeigt, der entgegengesetzte Erfolg aus den Drehungen um die obere Axe noch compensirt werden muss. Bei Oeffnungsdrehung gleitet die Gelenkfläche, die bei Schliessung mit ihrem vordersten Theile der Pfanne anschloss, so über dieselbe hin, dass zuletzt ihr hinterster Abschnitt zum Contact mit derselben nach vorn tritt, während die ganze Masse

des Kiefers abwärts vom Gelenkkopfe rückwärts verschoben wird.

Dem entsprechend zeigt auch die Oberfläche des Gelenkkopfes auf dem Sagittalschnitte eine convexe Krümmung, von welcher der grösste Theil in exquisiten Fällen (vgl. Fig. 1. 2.) ziemlich genau auf einen Kreisbogen bezogen werden kann, um dessen Mittelpunkt sich dann also der betreffende Sagittalschnitt des Gelenkkopfes an der Bandscheibe gleitend drehen kann. Dabei kann er grössere Excursionen machen, als nach gewöhnlichen Regeln aus der Differenz der Längen von Kopf und Pfanne in der Richtung der Bewegung zu schliessen sein würde. Denn es kann normaler Weise in den extremen Stellungen ein Streifen der Pfanne von dem Contact mit der Rollenkrümmung ausgeschlossen werden. Derselbe liegt bei Schliessung natürlich vorn und ist dann ganz ausser Berührung mit dem Unterkiefer (vgl. Fig. 1. 2. 3.); bei Oeffnung dagegen liegt er hinten und kommt hier auf den Anfang der von dem hinteren Abhange der Rolle steil abfallenden Hinterfläche des den Gelenkkopf tragenden Knochenhalses zu liegen, der noch eine Streke weit in die Synovialhöhle mit aufgenommen ist. Dieser so gewissermassen noch als Schleifungsfläche mitwirkende aber steiler als deren ideale Fortsetzung abfallende hintere Streifen der Oberfläche des Knochens ist zuweilen so stark auf Kosten des vorderen entwickelt, dass er vollständig einen Theil der überknorpelten Schleifungsfläche ausmacht. Diese zerfällt dann also in eine hintere und vordere Hälfte, die ziemlich stark gegeneinander geknickt, gewissermassen dachförmig gegen einander abgesetzt sind (vgl. Fig. 3.), sodass ihre Krümmungsmittelpunkte nicht zusammenfallen, sondern der des hinteren beträchtlich vor dem des vorderen, der des stärker gekrümmten Stückes aber, durch welches sie in einander übergehen, über beiden (bei Schliessungsstellung) sehr nahe an der Gelenkfläche liegt. Die Folge davon ist natürlich hier nicht nur eine kleine Verschiebung der Axe bei den beiden von verschiedenen Flächenstücken getragenen Abschnitten der ganzen Bewegung, wie, wenn eine derartige Knickung mehrerer Segmente der Krümmung des Gelenkkopfes (etwa, wie ich kürzlich gezeigt habe, an den Hinterhauptsgelenken) an einem Gelenke vorkommt, dessen Pfanne ebenfalls knöchern und deshalb unveränderlich in ihrer Form ist, wo dann auch an der Pfanne zwei etwas verschieden gekrümmte Stücke abwechselnd die Schleifung vermitteln; sondern, da hier dieselbe Pfanne, weil sie elastisch ist, sich über die stärker gekrümmte Stelle hinweg von der einen Rollen-

hälfte auf die andere herüberschlägt, so wird eben durch den Uebergangsmoment die Winkelgrösse der ganzen resultirenden Drehung bedeutend vermehrt, weil in diesem Moment die Axe sehr nahe an die Gelenkfläche selbst tritt, während dessen also eine kleine gleitende Verschiebung schon dem Bogen eines sehr grossen Centriwinkels entspricht. Dabei wird natürlich im Momente des Uebergangs über die stärkste Krümmung der Rolle die elastische Pfanne durch Knickung ihres dünnen Mittelstücks entsprechend stärker gekrümmt, was um so leichter geschehen kann, wenn, wie ich dies gesehen habe, der Theil der Schläfenbeinrolle, auf dem bei gewöhnlicher Combination der Einzelbewegungen gleichzeitig die obere Pfanne der Bandscheibe ruht, im Gegensatz zu der unten verstärkten Krümmung vielmehr gerade etwas flacher ist, während hinten und vorn dafür auch an der oberen Rolle in solchen Fällen eine ziemlich starke Krümmung, also ein ziemlich grosser Drehungsspielraum sein muss (vgl. Fig. 4.). Denn da sich, wie schon angedeutet, der schliessende Effect der Oeffnungsdrehung der oberen Articulation und der öffnende der der unteren bei der gewöhnlichen Combination einander grossentheils compensiren, so ist auch der Spielraum jeder von beiden relativ gross oder klein, wenn es der der anderen ist, was beträchtlich variiren kann, ohne dass darum nothwendig der eine Mensch den Mund viel weiter als der andere braucht aufreissen zu können. Wenn also das Profil der oberen Rolle bald ein grosses Stück eines kleinen, bald ein kleines eines grossen Kreises ist, so findet man dieselbe Differenz auch an der unteren (vgl. Fig. 1. 2.). Im ersten Falle haben beide Einzelbewegungen einen grösseren Spielraum, im letzteren ist der Abstand beider Rollenaxen, der natürlich bei der Bewegung unveränderlich bleibt, grösser. In beiden Fällen aber ist doch stets der Spielraum der unteren Articulationen grösser als der der oberen, da er ihn compensiren und ausserdem noch einen Ausschlag geben muss.

Die Drehungsaxe liegt also, wie man auch schon früher vorausgesetzt hat, im Ganzen quer in dem Gelenkkopfe und zwar in seiner breitesten Stelle; wo sich die beiden äussersten Enden der Gelenkfläche oft deutlich gegen die Austrittsstellen der Axe hin zuspitzen, während der mittlere Sagittalschnitt doch einen Radius von einigen Linien hat, der zwar, wie gesagt, in Uebereinstimmung mit dem des Profils der oberen Rolle individuell bald grösser bald kleiner, immer aber kleiner als jener ist. Wenn in Folge starker Knickung der Flächenkrümmung die Axe ihre Lage etwas ändert, so kommt sie

für den an die äusserste Oeffnung grenzenden Theil der ganzen Drehungsbahn weiter nach vorn zu liegen, für den an die Schliessung grenzenden nach hinten. Denn in dem letzteren vermittelt der vordere Abhang der Rolle die Schleifung an der Bandscheibe. Man könnte zwar, wenn man von der äussersten Schliessung aus nur die untere Articulation in Bewegung setzt, was an der Leiche nach Henle möglich ist (und auch künstlich, wenn auch nur wenig und nicht ohne schmerzhafte Empfindung, im Leben nachgemacht werden kann) auch von Schleifung zwischen dem hinteren Rollenabhange und der Knochenwand reden, an der er bei Schliessung anliegt. Es wäre ja auch nicht ohne Analogie, dass die Berührungsflächen zwischen zwei Knochen, deren Contact der einen Articulation gegenüber zur Hemmung wird, sich, wenn sie einmal zum Schluss gekommen ist, noch an der Bewegung einer andern Articulation schleifend betheiligen könnte. Ich glaube aber, dass man von dieser Möglichkeit hier absehen kann, da die Oeffnungsdrehung der unteren Articulation doch factisch beim normalen Gebrauche des Gelenks nie beginnt ohne dass durch die gleichzeitig beginnende der oberen der fragliche Contact aufgehoben wird. Auch ist selbst an der Leiche die Oeffnungsdrehung, die man in der unteren Articulation allein machen kann, nur ein sehr kleiner Theil des ganzen Spielraums derselben. Denn sie wird sehr bald durch das Anstemmen des hinteren Randes des senkrechten Kieferastes an die Halswirbel, den Proc. styloideus u. s. w. gehemmt und gerade dann um so mehr unmöglich gemacht, wenn die beiden Hälften der Rolle so gegeneinander geknickt sind, dass die Axe der hinteren weiter vorn liegt als die der vorderen, dass also die hintere Fläche sich, so gut sie auch in die angebliche Pfanne passen möge, selbst schon als Hemmungsfläche zu der Drehung um die Axe der vorderen schleifenden verhalten würde. Wenn dagegen durch die Oeffnungsdrehung der oberen Articulationen der Hals des Unterkiefers immer mehr von den hinter ihm liegenden Knochenflächen entfernt wird, so ist auch für die Oeffnungsdrehung der unteren Articulationen kein plötzlicher Schluss durch Contact von Hemmungsflächen gegeben. Eine vollständige Abwickelung der Pfanne vom Kopfe nach dieser Seite wird aber doch nicht zu Stande kommen können, da sich an den Rand der Rollenfläche hier kein gegen die Axe abfallender Theil der Oberfläche des Knochens anschliesst, sondern die Hinterfläche des Halses, der den Gelenkkopf trägt, sich allmälig von der Axe mehr und mehr entfernt und also ein fortgesetztes Fortrücken

des Contactes der Bandscheibe mit dem Knochen nach hinten hindern muss. Nach vorn dagegen setzt die Rolle scharf gegen den Einschnitt zwischen ihr und dem Processus coronoideus ab und die Articulation wäre also nach Seiten der Schliessungsdrehung offen, wenn nicht für diese der Contact der Zahnreihen die wirksamste Hemmung abgäbe. Schliesslich ist sie also doch nach beiden Seiten geschlossen, nicht durch Abwickelung luxirbar und also kann man, da für Luxatron durch Hebelwirkung hier die Bedingungen nicht abzusehen sind, wohl behaupten, dass die Luxation stets die oberen betrifft.

Endlich ist auch der Betrachtung der unteren Articulationen, die bis hierher auf den Sagittalschnitt gegründet und damit zugleich für beide Seiten gleich gültig war, die Berichtigung anzufügen, durch die sich beide als etwas verschieden herausstellen, indem ihre Axen nicht zusammenfallen, sondern wie die der oberen, ein Wenig mit dem medialen Ende nach hinten gerichtet sind, also einen nach vorn offenen sehr stumpfen Winkel bilden. Besonders deutlich sieht man dies, wenn die oben beschriebene dachförmige Knickung der Gelenkfläche in eine hintere und vordere Hälfte den höchsten Theil, in welchem beide in einander übergehen, als scharf vortretende Firste erkennen lässt, die dann auch stets die bezeichnete Neigung gegen die Medianebene hat. Die Folgen, die dies für die Bewegung haben muss, sind ganz ähnlich, wie an den oberen Articulationen. Zwar wird sich hier nicht, wie dort, eine Annäherung des ganzen bewegten Theiles an die Medianebene bei Oeffnung daraus ergeben, der durch Schiefheit der Bewegungsbahn gegen die Axe ausgeglichen werden müsste. Denn hier trägt der bewegte Theil selbst die Axe, die bei reiner Drehung überhaupt nicht verschoben wird. Dagegen muss auch hier ein Antheil einer Drehung um eine sagittale Axe zu der um die rein transversale kommen, der bei der Hauptdrehung in demselben Sinne, in der linken und rechten Articulation im entgegengesetzten Sinne erfolgt. Dieser ist es also, der sich mit dem entsprechenden in den oberen Articulationen gegenseitig compensiren muss. Es könnte auf den ersten Blick scheinen, als wäre dies nur möglich, wenn die Neigung der unteren Axen gegen die Medianebene umgekehrt wäre, wie in den oberen, da doch vielmehr beide in gleichem Sinne von der rein transversalen Richtung abweichen. Es entspricht aber dies ganz dem Zwecke, wenn ich so sagen soll, der Compensation, da die Drehungen, die sich zu combiniren pflegen, also die Oeffnungsdrehungen oder Schliessungs-

drehungen beider Articulationen eigentlich Drehungen im entgegengesetzten Sinne um die transversale Axe darstellen. Durch Oeffnungsdrehung in der linken oberen Articulation würde, wie oben gezeigt, die rechte Kieferhälfte ein wenig mehr gehoben werden als die linke, durch die der linken unteren würde sie offenbar mehr gesenkt. Natürlich wird man auch hier, wie bei den entsprechenden Betrachtungen über die oberen Articulationen vom Standpunkt der reinen congruent schleifenden Berührung von Oberflächen fester Körper aus betrachtet kleine Ungenauigkeiten in der Definition der einfachen Bewegungen und ihrer Compensation bemerken, die aber ebenso auch wieder in Folge der Elasticität der Bandscheibe zulässig und nicht ganz wegschematisirbar sind. In Folge dessen lässt sich auch ausserdem der Gelenkkopf noch in geringem Grade um andere Axen drehen, da er ja auch in transversaler Richtung convex, stellenweise sogar annähernd sphärisch gekrümmt ist.

Combinirte Bewegungen.

Die Art nun, wie die in der Construction der oberen und unteren Articulationen begründeten Einzelbewegungen zu den bekannten (namentlich, wie erwähnt, von Hyrtl bereits wesentlich ganz richtig in ihrer Erscheinungsform charakterisirten) Bewegungsarten des Unterkiefers mit Hülfe beider zusammentreten, ergiebt sich zum Theil schon aus dem bisher im Einzelnen über dieselben gesagten. Insbesondere gilt dies von der gewöhnlichsten Combination, welche das einfache Oeffnen und Schliessen des Mundes bedingt, da ich schon die Einzelbewegungen danach bezeichnet habe, wie sie in diese gewöhnlichste Combination eintreten. Oeffnungsdrehung und Oeffnungsdrehung, Schliessungsdrehung und Schliessungsdrehung in allen vier Articulationen sind hierbei so combinirt, dass sie von der einen extremen Stellung z. B. voller Schliessung aus in gleichem Verhältnisse nebeneinander fortgesetzt auch gleichzeitig das entgegengesetzte Ende ihres Spielraumes erreichen müssen. Da nun der der unteren grösser ist (theils wegen der stärkeren Krümmung der Rolle, theils weil die Pfanne sich zum Theil von der Rolle ganz abwickeln kann), so compensirt der öffnende Effect ihrer Oeffnungsdrehung nicht nur den schliessenden von der der oberen, sondern es bleibt ein Ueberschuss von reiner Oeffnung. Will man die Lageveränderung, die der Unterkiefer hierbei erleidet, etwas näher kennen lernen, so kann man, da sich nach den letzten Betrachtungen über die Bedeutung der schiefen Lage der unteren

Axen die hieraus erfolgenden Nebenantheile der Drehung um dieselben mit den analogen der Drehung um die oberen bei der Combination, um die es sich hier handelt, compensiren, von der Schiefheit beider hier wieder ganz absehen und als Schema des ganzen Systems auch in dieser Betrachtung einfach den Sagittalschnitt zu Grunde lagen, als wenn auf ihm obere und untere Axen ohne Unterschied zwischen den linken oder rechten Articulationen einander parallel senkrecht ständen. Vollends absehen muss man, wenn man nicht endlose Verwirrung haben will, von den individuellen Varietäten in der Krümmungsform beider Articulationsrollen und nur von dem einfachsten Falle ausgehen, wenn ihre Profile einfache Stücke von Kreisbogen sind, die Axen also ihre Lage in den Rollen nicht ändern.

Von diesem Schema ausgehend kann man die resultirende Lageveränderung des Kiefers beim Oeffnen und Schliessen des Mundes rein geometrisch ableiten (vgl. Fig. 5. 6.). Erfolgt eine Oeffnungsdrehung von einem beliebigen Winkel um die obere Axe, so beschreibt die untere um jene einen Kreisbogen mit diesem Winkel (b a b, in Fig. 6) als Centriwinkel, rückt um die Länge der Sehne dieses Bogens nach vorn. Dadurch würden die abwärts gelegenen Theile des Unterkiefers weit nach vorn und oben kommen, wenn er mit der Bandscheibe unbeweglich verbunden bliebe (z. B. der Punkt c am Kieferwinkel in Fig. 6 nach c,). Erfolgt aber gleichzeitig eine Oeffnungsdrehung des Kiefers um die untere Axe von grösserem Winkel als jene (um $\angle$ c, b, c,,), so rücken alle abwärts von derselben gelegenen Punkte nicht nur relativ zu ihr rückwärts, sondern es beträgt auch dies nur für die sehr nahe unter ihr gelegenen weniger als jenes Vorrücken das sie mit ihr theilen, für die weiter abwärts gelegenen aber mehr, so dass diese schliesslich rückwärts und, wenn sie am vorderen Theile des horizontalen Astes liegen auch abwärts gerückt sind. Auf diese Weise geschieht es, dass z. B. die Lage, welche eine von der Rollenaxe des Gelenkkopfes zur Ecke des Kieferwinkels gezogene Linie nach einer solchen Bewegung einnimmt (b, c,,), die, welche sie vor derselben hatte (b c), eine Strecke abwärts von der Axe der Rolle schneidet. Hier ist es nun, wo Hyrtl (und für einen Theil der Bewegung auch Meyer) die Axe angenommen hat, um welche sich der Kiefer gedreht haben soll, und es ist nun leicht einzusehen, dass dem eine sehr annähernd richtige Beobachtung zu Grunde liegt, dass es aber doch nicht ganz zutrifft. Denn der Punkt, in dem beide Lagen der Linie sich schneiden ist nicht in

beiden derselbe Punkt der Linie. Vergleicht man noch mehrere Lagen, so schneiden sie sich auch nicht alle in demselben. Man kann sich zwar schematisch (wenn auch der Fall hier in dem gegebenen Spielraum schwerlich vorkommt) zwei solche Lagen einer Linie denken, dass der Punkt, in dem sie sich schneiden auf beiden derselbe ist (b c und b, c, in Fig. 7) und auch die, welche zwischen ihnen in der Mitte liegt schneidet diesen Kreuzungspunkt. In ihr liegt er dann aber näher an der Axe des Gelenkkopfes. Es ist also auch hier ersichtlich, dass kein Punkt der Linie während der Bewegung durch die sie aus einer der beiden äussersten Lagen in die andere kommen konnte, seinen Ort unverändert beibehalten hat. Die Bewegung aller Punkte in einem Sagittalschnitte des Unterkiefers geschieht aber auch mit Ausnahme des Durchschnittspunktes der unteren Axe nicht in Kreisen sondern in Curven, die von den bekannteren am meisten der Epicycloide verwandt sind. Man kann ihr Entstehungsgesetz allgemein eben nur so definiren, wie es aus der bisherigen Ableitung schon von selbst folgt. Sie entstehn durch Drehung eines Punktes um einen andern, der sich gleichzeitig wieder um einen dritten dreht (von diesem allgemeinen Gesetz wäre dann z. B. die Epicycloide nur ein specieller Fall). Es ist hier nicht der Ort näher darauf einzugehen, wie sich die speciellen Fälle solcher Curven im Einzelnen charakterisiren liessen. Es genügt gezeigt zu haben, wie sich die im Wesentlichen schon längst namentlich von Hyrtl richtig beobachtete Bewegung des Kiefers ganz einfach verstehn lässt, wenn man sie als resultirend aus der gleichzeitigen Drehung um zwei Ginglymusaxen auffasst, und wie also kein einziger Punkt des Unterkiefers dabei seine Lage völlig beibehält. Doch giebt es in der That eine Stelle etwas abwärts von der unteren Axe, wo für den gegebenen Umfang der Bewegung die Bahnen, welche einzelne Punkte durchlaufen einen möglichst kleinen Raum einnehmen und es verliert also auch die teleologische Bemerkung von Hyrtl ihre Bedeutung nicht, dass gerade diese Stelle die günstigste für den Eintritt des Nerv. alveolaris in den Kiefer ist, weil er hier fixirt am wenigsten Zerrungen durch die Bewegung desselben ausgesetzt ist. Will man aber weiter teleologisch fragen, wozu es nützlich ist, dass der Kiefer um den Mund zu öffnen eine solche aus zwei Drehungen combinirte Bewegung macht, da es doch mit einem einfachen Charniere ebenso gut ginge, so mag man nur versuchen die Oeffnung des Mundes durch einfache Drehung des Kiefers um die Axe seines Gelenkkopfes, wobei derselbe nicht nach vorn

rückt, die wie schon zugegeben künstlich in geringem Grade ausführbar ist (besonders wenn man die Hand gegen das Kinn stemmt), so weit zu treiben, dass der Mund zu einer ansehnlichen Oeffnung gelangt; und man wird bald merken, wie dann Alles, was zwischen Kiefer und Wirbelsäule eingeschlossen ist: Zunge, Kehlkopf u. s. w. ins Gedränge kommen muss, wie also schon deshalb der Mensch, der sein Gesicht parallel der Wirbelsäule zu tragen liebt, nur dadurch im Stande ist den Raum, den seine Kiefer umfassen, wirksam zu vergrössern und wieder zu verkleinern, dass der Unterkiefer, während er sich durch Drehung nach unten vom Oberkiefer entfernt zugleich vorgeschoben wird. Doch ist es gewiss auch ausserdem nicht ohne mechanische Bedeutung namentlich für die Wirkung der Schneidezähne zum Abschneiden des Bissens, den dann der Unterkiefer zugleich heranzieht, dass die Bewegung der Zahnreihen gegeneinander keine einfache Annäherung durch Drehung ist, wie schon Ludwig angedeutet hat. Bei Hasen, wo die Schneidezähne besonders stark wirken, ist der Bau der Gelenke für diese Art des combinirten Bewegungsmodus beim Oeffnen und Schliessen des Mundes besonders günstig angelegt. Ueber die Art, wie diese wichtigste Combinationsart der Kieferbewegungen durch die Muskeln bewirkt wird, muss noch Einiges hinzugefügt werden; doch scheint es passend zuvor auch die andern möglichen Combinationen kurz zu charakterisiren.

Wesentlich beruhen sie in ihren Haupttypen auf derselben Art des Zusammentretens der Einzelbewegungen. Insbesondere die einfache Vorstreckung des Kiefers, von der Hyrtl sagt, sie habe keine Axe, unterscheidet sich in ihrer Zusammensetzung aus den Drehungen in den einzelnen Articulationen von der Oeffnung des Mundes nur durch das quantitative Verhältniss dieser ihrer Elemente; dies lässt sich auch für sie leicht schematisch in der Betrachtung auf einem Sagittalschnitt zur Anschauung bringen (vgl. Fig. 8.). Wenn sich bei der Oeffnung die Oeffnungsdrehung der oberen und unteren Articulationen so verband, dass gleichen Bruchtheilen des Spielraums der einen auch gleiche von dem der anderen entsprechen, dass also, da der ganze Spielraum der unteren grösser ist, auch stets der öffnende Effect der Oeffnungsdrehung in den unteren Articulationen den schliessenden von der in den oberen überwog, so muss man sich hier denken, dass Oeffnungsdrehungen von nicht relativ, sondern absolut gleicher Winkelgrösse in beiden Articulationen sich mit einander combiniren, so dass von dem grösseren Spielraum der unteren

noch etwas übrig bleibt, wenn der der oberen bereits erschöpft ist. Man kann sich den Erfolg leicht denken. Die untere Axe beschreibt ganz wie bei Oeffnung des Mundes einen Kreisabschnitt um die obere (b b,). Denkt man sich nun, der Kiefer sei dieser Drehung gefolgt, (also z. B. c nach c, gelangt) dann aber um denselben Winkel, wie um die obere, (c, b, c,, = b a b,) nun auch um die untere Axe rückwärts gedreht, so kommt jede Linie an ihm in eine ihrer ursprünglichen parallele Lage. Der ganze Kiefer hat sich parallel mit sich ebenso bewegt, wie die Axe seines Gelenkkopfes, jeder Punkt an ihm hat, da jene beiden Drehungen nicht nach einander, sondern gleichzeitig erfolgt sind, einen Kreisabschnitt durchlaufen (z. B. c c,, oder d d,) der ganz congruent ist dem von der Axe zurückgelegten. Da übrigens auf diese von den einzelnen Punkten zurückgelegten Wege nach ihrer Entstehung aus zweierlei gleichzeitiger Drehung auch ganz das obige Gesetz der Curven passt, die von Punkten des Kiefers auch bei der gewöhnlichen Bewegungsart durchmessen werden, so können auch die Kreise, die sie jetzt durchmessen als specielle Fälle jener allgemein definirten Curven gelten. Ebenso würde man dies von einer geraden Linie sagen können; und es liesse sich eine Vorstreckung des Kiefers auch so schematisiren, dass man sich dächte ein Punkt an ihm sei geradlinig nach vorn geführt (in Fig. 9. c nach c,). Alle andern hätten dann aber wieder andere Curven jenes Gesetzes durchlaufen; durch die Wege der Punkte aber, die auf einer von dem geradlinig bewegten zur unteren Axe gezogenen geraden Linie liegen, ginge der specielle Fall der von jenem zurückgelegten geraden Linie in den des Kreises (b b,) über, auf dem sich die untere Axe stets bewegt. Offenbar ist aber die vorige Ableitung für die Vorstreckung einfacher und es stimmt damit der Umstand, dass beim Beginn einer solchen Bewegung die Zähne immer etwas von einander gehoben werden. Ausserdem ist es klar, dass dieser Typus der Combination der Einzelbewegungen ebenso wie das oben entwickelte Schema der einfachen Oeffnung und Schliessung nur Grenzfälle einer mannichfachen Abstufung von quantitativen Verhältnissen sind, in denen sich die Drehungen der einzelnen Articulationen stets in demselben Sinne combiniren können. Ein sehr wechselvolles Spiel solcher Combinationen, die zwischen beiden, ja vielleicht zum Theil noch darüber hinaus liegen (da ja in kleineren Theilen der Bewegungen auch gelegentlich die Drehung in den oberen Articulationen vorwiegen kann) kommt sicher zur Anwendung in den kleinen Bewe-

gungen des Kiefers beim Sprechen. Dagegen kommt von den einfachen hier eingehend schematisirten Typen der erste regelmässig beim Beissen vor, der letztere die reine Vorstreckung des Kiefers wohl, abgesehen von willkürlichen Kunststücken, nur als mimische Bewegung im Ausdruck des noch nicht offen entfesselten Affectes, wo sie sich (im Vereine mit aufgerissenen Nüstern und Augenlidern) als eine unwillkürliche Vorbereitung einer verhaltenen Mundöffnung darstellt, in der der Affect zum offenen Ausbruch kommen würde.

Bisher bewegte sich die Betrachtung immer noch in Einer Ebene, in der Ebene eines Sagittalschnittes, in der nur annähernd richtigen Voraussetzung, dass die Drehungsaxen auf einem solchen senkrecht stehen und also für die linken und rechten Articulationen zusammenfallen, oder dass doch die aus der Abweichung von dieser ihrer Lage erfolgenden Nebenverschiebungen aus den einzelnen Articulationen sich bei den gegebenen Combinationen compensiren. Dies würde nun zwar genau genommen, wenn es auch bei einem gewissen quantitativen Verhältnisse der Drehungen um die oberen und um die unteren Axen zuträfe, doch nicht auch für andere gelten können. Die Unterschiede der Abweichungen, von reiner Bewegung in Sagittalebenen, die sich hiernach in beiden Fällen ergeben würden, sind aber, wenn man bedenkt, dass die bei der einfachen Vorstreckung des Kiefers sich in ihrem Drehungseffect um die Transversale völlig aufhebenden Ausschläge der Einzelbewegungen grösser sind als der Ueberschuss des Spielraums der Drehung um die unteren Axen die bei Oeffnung und Schliessung des Mundes wirksam hervortritt, so gering, dass man sie wohl auf Kosten der Elasticität der Bandscheibe als unwesentliche Ungenauigkeiten ignoriren kann (dass sie aber doch existiren, beweist ein unbequemes Gefühl im Gelenke beim Vorstrecken des Kiefers). Dies war berechtigt, so lange es sich nur um Bewegungen handelte, bei denen der Unterkiefer seine symmetrische Lage dem Schädel gegenüber nicht verändert, bei denen sich also alle Punkte an ihm wirklich nur in Ebenen bewegen, die unter sich und mit der Medianebene parallel liegen. Von diesem Schema aus betrachtet waren die bisher betrachteten Combinationen der Einzelbewegungen nur quantitativ verschiedene Modificationen desselben Typus. Fasst man aber die relative Unabhängigkeit der rechten von den linken Articulationen ins Auge, so gewinnt eine von den bisher betrachteten Combinationsarten, und zwar die mit absolut gleicher Winkelgrösse der Drehungen

um die obere und um die untere Axe, eine ganz besondere Bedeutung.

Wenn die Drehungen um die untere Axe so überwiegen, dass der Kiefer mit seinem Vordertheile gehoben oder gesenkt wird, so kann dies, da er ein einziger fester Körper ist, nur links und rechts zugleich geschehen. Wenn sie dagegen nur einfach die um die obere aufheben, so dass von beiden nichts übrig bleibt als das Vorrücken des Gelenkkopfes des Kiefers parallel mit sich selbst bei Oeffnungsdrehung, so ist diese Art der Combination mit geringer Modification auch einseitig ausführbar, woraus die bekannte Seitenbewegung des Unterkiefers resultirt. Es tritt dann der Fall ein, wo die Bandscheibe nicht schief, sondern etwa senkrecht gegen die Axe der oberen Rolle um diese sich herumdreht, die Bahn ihrer Bewegung also, welcher der die untere Axe tragende Gelenkkopf folgt, ein Wenig mit dem vorderen Ende gegen die Medianebene hin aus der Sagittalrichtung abweicht. Dies kann bei dem im Verhältniss zu ihren Dimensionen sehr grossen Abstande der rechten und linken Gelenke von einander und der stets zulässigen Ungenauigkeit sehr gut die Stelle der kreisförmigen Bahnen vertreten, in denen, wie Hyrtl ganz richtig bemerkt hat, der vorwärts bewegte Gelenkkopf um eine durch den gleichzeitig ruhenden der anderen Seite gedachte senkrechte Axe herumgeführt werden muss, während sich die Hauptresultate der Drehungen um Queraxen, die ihm durch die beträchtlichen Oeffnungsdrehungen seiner beiden Articulationen einzeln ertheilt werden würden, ebenso ganz compensiren, wie auch hier die kleinen Antheile von Drehungen um sagittale Axen. Während aber so auf der einen Seite (wenn das Kinn nach rechts geht, auf der linken) die obere Articulation ihren ganzen Spielraum von äusserster Schliessungsstellung bis zur äussersten Oeffnungsdrehung durchläuft, die untere aber wenigstens eine im Winkel ebenso grosse Drehung macht, verharren auf der andern Seite beide in der Schliessungsstellung und die kleine Drehung um eine senkrechte Axe, die hier der Gelenkkopf erleiden muss, wenn der andere allein vorrückt, kommt auf Kosten der Torsion der Bandscheibe und zum Theil der annäherd sphärischen Krümmung am medialen Ende des Unterkieferkopfes. Natürlich kann dieselbe schiefe Stellung ebenso einfach aus der ganz vorgestreckten, als aus der in voller Schliessung ruhenden hervorgehen, da es einerlei ist, ob der eine Gelenkkopf vorrückt, während der andere hinten stehen bleibt, oder ob der eine zurücktritt, während der andere vorn stehen bleibt. Ausserdem kann sich aber

auch wieder diese Art der combinirten Bewegung mit seitlicher Verschiebung in kleineren Theilen ihres Spielraumes mit Elementen der stets beiderseitigen verbinden, durch welche der Mund geöffnet und geschlossen wird. Nur in ihren Extremen schliessen sie sich aus; verbunden geben sie das Spiel der Bewegungen des Kiefers beim Kauen.

Wenn nun auch damit, dass sich in den abgeleiteten Typen der Drehungen der Articulationen des Kiefergelenks und ihrer Combinationen die Grundbedingungen für alle überhaupt in ihm möglichen Bewegungen erkennen lassen, die Frage nach dem Mechanismus desselben im engsten Sinne erledigt ist, so knüpfen sich doch daran mit Nothwendigkeit noch einige Betrachtungen über die Art, wie diese Bewegungen von den dazu bestimmten Muskeln eingeleitet werden können. Es ist dies darum nicht ganz einfach, weil die Hauptmassen der betreffenden Muskeln über beide Articulationen weg gehen, daher man aus ihrer Wirkung das, was in beiden zugleich vorgeht, auch zugleich muss erklären können. Eine Ausnahme bilden nur einige Muskelbündel, die nur die obere oder die untere Articulation überspringen. Ueber diese will ich hier einige kleine Notizen anknüpfen. Es ist bekannt, dass ein Theil des oberen Bauches vom M. pterygoideus externus mit seinem lateralen Ende nicht direct am Kiefer, sondern an dem medialen Theile des vorderen Randes der Bandscheibe ansitzt (vgl. Fig. 1. 3. 4.) und also nur über die obere Articulation hinweg gespannt ist. Es giebt aber auch constant Faserbündel, die nur über die untere weggehen. Sie entspringen neben dem Ansatze jener am lateralen Ende des vorderen Randes der Bandscheibe und fliessen von da abwärts verlaufend mit dem hinteren Rande des M. temporalis und der tiefen Portion des M. masseter zusammen, wo diese selbst oft untereinander zusammenhängen und so zugleich an die Bandscheibe seitlich angeheftet sind (vgl. Fig. 2. 10. 11.). Es finden sich im Einzelnen manche Variationen in der Art, wie diese von der Bandscheibe entspringenden Fasern verlaufen und mit den grossen Kaumuskeln zusammenhängen. Zuweilen bilden sie einen kleinen ziemlich selbstständigen Bauch, der sich in der Tiefe des Einschnittes zwischen dem Gelenkkopfe und dem Processus coronoides befestigt (vgl. Fig. 10.). Man könnte ihn etwa Temporalis minor nennen. Ein andermal (vgl. Fig. 11.) sah ich dagegen die hinteren Ränder der beiden grossen Kaumuskeln unmittelbar hier angeheftet. Das hinterste Ende der

Ursprungsbefestigung der tiefen Masseterportion am Jochbogen vor der Gelenkrolle des Schläfenbeines ging auf die Ecke der Bandscheibe über, ohne dass die hier festsitzenden Fasern im weiteren Verlaufe ein irgendwie gesondertes Bündel gebildet hätten. Ihre Befestigung an der Bandscheibe bildete eine kleine Sehne, die quer am vorderen Rande derselben hinlaufend mit der Insertion des Pterygoideus externus unmittelbar zusammenhing. Ueber diese kleine Sehne weg aber trat scharf von ihr gesondert eine zweite zum hinteren Rande des Temporalis. Hier vereinigten sich an ihr zwei dünne Blätter kürzerer Fasern dieses Muskels (die medialsten ziemlich weit unten am Schädel, und die lateralsten ziemlich weit unten an der Schläfenfascie entspringenden) zu einer Duplicatur hinter dem freien scharf abgesetzten Rande der Sehne, die aus der zwischen ihnen mehr hoch oben entspringenden Hauptmasse des Muskels hervorgieng. Diese Einzelnheiten der Verbindung der Kaumuskeln und der Bandscheibe haben variabel, wie sie sind, keine besondere Bedeutung für die Wirkungsweise der Muskeln. Im Allgemeinen aber deutet doch die Betheiligung von Fasern, die nur über Eine Articulation hinweg gespannt sind, wenn ihrer auch nur wenige sind, schon darauf hin, dass der Pterygoideus externus ein Muskel ist, der hauptsächlich auf die obere Articulation wirkt, während bei der Betrachtung der eigentlichen Kaumuskeln zunächst nur ihre Beziehung zur unteren in den Vordergrund tritt. Trotzdem ist aber ihre Wirkung auch für die Bewegung die gleichzeitig mit der, welche sie hier erzeugen, in der oberen vor sich geht, durchaus nicht so gleichgültig, wie es auf den ersten Blick scheinen könnte. Um dies einfach ableiten zu können scheint es am bequemsten, einige sehr einfache allgemeine Betrachtungen über die Wirkungsweise von Muskeln, die über zwei Gelenke hingehen, der Entwickelung des speciellen Falles voranzuschicken.

Bekanntlich ist nichts einfacher als im gewöhnlichen Sinne die Wirkung eines Muskels zu bestimmen, wenn er nur über Ein Charniergelenk hinweggespannt ist, dessen Axe man kennt. Man fragt ja dann nur, ob und in welchem Sinne er ein Drehungsbestreben in demselben bedingt, wenn er sich zusammenzieht, allenfalls auch noch, wenn man von einer bestimmten Anfangsstellung ausgeht, mit einer wie grossen Componente der Kraft, mit der er einen ganz frei beweglichen Angriffspunkt in seiner Zugrichtung würde zu bewegen streben. Man zerlegt dieselbe zu diesem Ende zunächst in eine der Axe parallele Componente, die man in der Regel ignoriren

kann, und eine, die in der durch den Angriffspunkt senkrecht zur Axe gelegten Ebene wirkt, diese dann wieder, wenn sie nicht schon selbst die Axe schneidet, in eine, die dies thut und also mit dem vom Angriffspunkte auf die Axe gefällten Perpendikel zusammenfällt, und eine zu demselben senkrechte. Die letztere ist es, wie allbekannt, welche ein Drehungsmoment in dem Gelenke hervorbringt, welches das Product aus ihrer Grösse und dem Abstande des Angriffspunktes von der Axe (ihrem Hebelarme) ist. Die andere Componente pflegt man, wie jene der Axe parallele zu ignoriren, und es ist dies auch zunächst für die obige Frage gleichgültig, weil ihr in dem angenommenen einfachen Falle durch die Festigkeit des Gelenkes und die daraus erfolgende Unbeweglichkeit beider in ihm verbundenen Knochen gegen die Axe, stets das Gleichgewicht gehalten wird. Denn sie wirkt ja nicht um die Axe drehend, sondern nur von derselben abziehend oder, was das gewöhnliche ist, gegen sie hin drückend. Darauf fussend pflegt man sich auch wohl die zweite der obigen Zerlegungen ganz zu sparen, indem man sich die ganze in einer zur Axe senkrechten Ebene wirkende Kraft nicht an dem ganzen Abstande des Angriffspunktes von der Axe, sondern an dem senkrechten Abstande ihrer eigenen Richtung von derselben (dem idealen Hebelarme) wirkend denkt, was für das Drehungsmoment dasselbe Resultat giebt. In welchem Sinne der Muskel das Gelenk zu drehen strebt, ergiebt sich ebenfalls von selbst, jenachdem er auf der einen oder andern Seite von der Axe entfernt vorbeiläuft und die obige einfache Frage ist gelöst. Nicht genügend ist aber diese Art das bewegende Moment abzuleiten, bei der man die in Eine Ebene mit der Axe fallenden Componenten insbesondere die, welche die Axe senkrecht schneidet, ignorirt, wenn es sich um Muskeln handelt, die nicht direct an zwei in Einem Gelenke verbundenen Knochen festsitzen, sondern noch ein anderes Gelenk überspringen. Denn die Axe ist dann selbst gegen die Endpunkte des Muskels nicht unbeweglich und die Componente seiner Wirkung, welche die Axe schneidet, kann diese selbst zu einer Drehung um die des anderen Gelenks veranlassen, also auch bewegend wirken. Dies hat man, so einfach es ist, bisher gewöhnlich bei der Würdigung der Wirkung solcher Muskeln übersehen.

Wenn man die Wirkung eines Muskels, der über zwei Gelenke weggeht, definiren will, so pflegt man ihn ganz in der obigen Weise jedem von beiden gegenüber einzeln zu betrachten. Man denkt sich das eine Gelenk als steif und fragt dann wie oben, ob und in welchem Sinne er in dem anderen

ein Drehungsmoment bewirkt, und ebenso umgekehrt. Schneidet seine Zugrichtung die Axe des einen von beiden, so heisst es: er hat auf dieses keine Wirkung; lässt sich dagegen für beide eine drehende Componente aus ihr ableiten, so heisst es: wenn das eine Gelenk schon durch andere Muskeln festgestellt ist, kann er das andere noch so und so bewegen. Dies ist für viele Fälle wohl hinreichend; aber allgemein anwendbar ist eine solche Betrachtung nicht. Einmal ist die Voraussetzung, dass das eine Gelenk festgestellt sei, durchaus nicht ausreichend um eine bewegende Wirkung des Muskels auf dasselbe auszuschliessen. Es kann ja (abgesehen von den extremen Stellungen, in denen es schon die Hemmung seines Spielraumes erreicht hat, gegen welche hin der fragliche Muskel oder auch andere es noch treiben würden) nur dadurch festgestellt sein, dass andere Muskeln, die es drehen könnten, sich das Gleichgewicht halten. Kommt aber dazu die Wirkung des Muskels, von dem man dieselbe kennen lernen will, so wird das Gleichgewicht gestört und es muss Bewegung eintreten, wenn er überhaupt so gelagert ist, dass er dieselbe veranlassen kann. Dies kann er aber wieder nicht nur durch das Drehungsmoment, welches sich direct aus der Lage seiner Zugrichtung gegen die Axe des einen Gelenkes ergiebt, sondern auch in Folge der Zerlegung, die seine Wirkung auf das andere dadurch erfährt, dass eine Componente gegen die Axe desselben hin gerichtet wird, während die andere um dieselbe drehend wirkt. Ein einfaches schematisches Beispiel macht dies am leichtesten klar. Wenn drei Knochen (I, II, III in Fig. 12.) durch zwei Charniere mit parallelen Axen (A und B) verbunden sind und ein Muskel entspringt am ersten gerade da, wo die Axe des Charniers zwischen diesem und dem zweiten, aus dessen Oberfläche austritt, geht dann in einiger Entfernung von der Axe des zweiten Charnieres an diesem vorbei um sich beliebig am dritten Knochen zu inseriren, so würde man nach gewöhnlicher Weise sagen: wenn das erste Charnier steif wäre, so würde er das zweite bewegen, wenn aber das zweite steif wäre, so würde er das erste nicht bewegen; und das wäre, so ausgedrückt, richtig, erschöpft aber die Wirkung des Muskels keineswegs. Denn offenbar bewegt er, wenn beide nicht steif sind, beide. Man kann dies sehr einfach elementar ableiten, wenn man den ersten Knochen als den ruhenden betrachtet, die Befestigungsstelle des Muskels am dritten als Angriffspunkt seiner Wirkung. Diese giebt ein Drehungsmoment in dem zweiten Charnier, das man am einfachsten dadurch finden könnte, dass man die

ganze Kraft mit ihrem senkrechten Abstande von der Axe (ihrem idealen Hebelarme) multiplicirte. Um aber auch die andere gegen die Axe wirkende Componente zu erhalten, muss man von der ganzen Kraft (a b) die drehende Componente (a c), welche senkrecht zu dem Abstande des Angriffspunktes von der Axe wirkend mit diesem multiplicirt das Drehungsmoment giebt (also im zweiten Charniere ihren Angriffspunkt in der Richtung des Pfeiles c, bewegen kann), von der ganzen Kraft absondern, und behält dann (a d) die zweite, welche, wenn der Muskel nur über dieses eine Gelenk wegginge, von der Festigkeit der Axe getragen werden würde. Da aber diese selbst noch durch Drehung des andern Charnieres ausweichen kann, so wird sie zum Angriffspunkte für die Componente (a d), durch welche der Muskel ein Drehungsmoment auch in dem Charniere bewirkt, dessen Axe seine Zugrichtung schneidet. In ihm bewegt er also die Axe des zweiten Charnieres (in der Richtung d,). Die Grösse dieses Momentes kann nun einfach so bestimmt werden, dass man den senkrechten Abstand der verlängerten auf die Axe des zweiten Charnieres hin gerichteten Componente von der des ersten mit dieser selbst multiplicirt. Dagegen ergiebt sich eine solche Drehung durch denselben Muskel in beiden Charnieren nicht, wenn man sich in demselben Schema statt des ersten den dritten Knochen als den ruhenden denkt. Denn dann wird zwar auch nur ein Theil der ganzen Kraft eigentlich die Drehung in dem zweiten Charniere hervorbringen. Der übrige aber hat dann die Axe des ersten zu seinem Angriffspunkte, kann also keine Drehung um diese hervorbringen. Er schneidet beide Axen, wird von beiden getragen unwirksam. So einfach diese Betrachtungen sind, so schien es mir doch nicht überflüssig sie hier zu entwickeln, da sie zeigen, dass ein Muskel, der über mehrere Charniere weggeht, eine Wirkung auf eines derselben haben kann, die sich nicht einfach aus der Lage seiner Zugrichtung zur Axe desselben ableiten lässt. Ja es kann diese Wirkung, die aus der Zerlegung hervorgeht, welche die ganze Kraft seiner Spannung in dem anderen Charniere erlitten hat, sogar unter Umständen eine entgegengesetzte direct ableitbare überwiegen. Es würde hier zu weit führen, wenn ich die Gesetze, nach denen dies bestimmt werden kann, allgemein ableiten wollte, und es ist auch nicht nöthig, da es nicht in der Aufgabe dieser Arbeit liegt, die Wirkung aller über die Articulationen des Kiefergelenkes hinweggehenden Muskeln bis ins Kleinste zu zerlegen. Es werden aber die bisherigen einfachen Betrachtungen genügen um

die Wirkungsweise der hauptsächlichsten zur Ausführung der beschriebenen Bewegungen bestimmten Muskeln verständlich zu machen. Es wird auch hierbei passend sein, zunächst von den Combinationen auszugehen, bei denen der Kiefer ohne alle Seitenverschiebung so bewegt wird, dass die Bahnen aller Punkte an ihm in Ebenen bleiben, die der Medianebene parallel sind, und dabei dann zunächst auch wieder die Drehungsaxen als rein transversal und damit also auch die Articulationen beider Seiten als identisch gelten zu lassen.

Die Hauptaction von Muskeln, die das Kiefergelenk bewegen, ist die Schliessung des Mundes durch die Kaumuskeln, welche bekanntlich bedeutende Widerstände überwinden kann. Es wird wohl Niemand bezweifeln, dass es die Wirkung der Mm. temporalis, masseter und pterygoideus internus ist, durch welche der Mund geschlossen wird. Es fragt sich aber, ob und wie es möglich ist, dass dieselben in den beiden betheiligten Articulationen die Drehung veranlassen, mit der sich diese an der combinirten Schliessungsbewegung betheiligen. Zwar, dass die unteren Articulationen durch diese Muskeln im Sinne der Schliessungsdrehung bewegt werden müssen, leuchtet von selbst ein, da ihre Axe bei allen normal möglichen Stellungen hinter den Zugrichtungen der Muskeln quer vorbei verläuft. In Bezug auf die oberen aber ist dies nicht so einfach. Denn, wenn man sich in hergebrachter Weise fragen wollte, welche Drehung derselben die Muskeln hervorrufen würden, wenn die unteren Articulationen aus anderen Gründen unbeweglich wären, so würde man vielmehr finden müssen, dass sie, wenn auch an sehr kleinen idealen Hebelarmen angreifend (mit sehr kleinen Componenten) die Bewegung des Meniscus nach vorn begünstigen würden, welche nach den obigen Betrachtungen einen Theil der combinirten Oeffnungsbewegung ausmacht. Diese Einwirkung wird jedoch bedeutend überwogen durch die Componente ihrer Wirkung, welche durch die Zerlegung, die sie in der unteren Articulation erfährt, auf deren Axe hin gerichtet wird. Denn die Zugrichtung der Muskeln trifft die Linie, welche ihren Ansatz am Kiefer mit der Axe des Kiefergelenkkopfes verbindet, keineswegs rechtwinklig, es zerlegt sich also hier die Kraft, mit der sie ihren Ansatzpunkt nach oben ziehen in eine solche rechtwinklig zum Hebelarm gerichtete, die um die untere Axe drehende, und eine von dem Angriffspunkte aus gegen die Axe hinwirkende. Diese letztere nun, die also die Axe der unteren Articulation selbst zum Angriffspunkte hat, schiebt dieselbe nach hinten, indem sie verlängert unter der Axe der

oberen Articulation hindurch verläuft, also in dieser einen nicht schlechten idealen Hebelarm zur Schliessungsdrehung hat. Ganz besonders gilt dies für den M. temporalis (vgl. Fig. 5. und 6., wo die eben entwickelte Zerlegung seiner Zugrichtung durch punktirte Linien angedeutet ist), da eine Linie von seiner Ansatzstelle am Processus coronoides zur Axe der unteren Articulation gezogen stets beträchtlich unter und hinter der der oberen durch sich fortsetzt. Weniger günstig ist hierfür die Anordnung des Masseter und Pterygoideus (mit Ausnahme der tiefen Portion des ersteren, die sich mehr analog dem Temporalis verhält). Denn eine Linie von ihrem Ansatz am Kieferwinkel durch die Axe der Rolle des Unterkiefers gezogen geht, namentlich bei offenem Munde, ziemlich nahe an der oberen Axe hin.

Ueberhaupt bleiben sich aber auch diese Verhältnisse keineswegs bei allen Ausgangsstellungen gleich; und zwar sind, wenn der Mund bereits der Schliessung nahe kommt, die Hebelverhältnisse am günstigsten, weshalb auch dann noch gerade die grössten Widerstände durch Beissen überwunden werden können. Denn es wird hier nicht nur der ideale Hebelarm (oder bei der anderen Ableitungsart des Drehungsmomentes die rechtwinklig zum realen angreifende Componente der zerlegten Kraft) für die Drehung der unteren Articulation, der doch eigentlich nur die Widerstände entgegenwirken, grösser, sondern auch der ideale Hebelarm, an dem die gegen die Axe der unteren Articulation hingerichtete Componente angreift um diese selbst um die der oberen zu drehen. Wenn dagegen der Mund sehr weit geöffnet ist, so ist nicht nur in Folge des Vorrückens des Gelenkkopfes die Axe der unteren Articulation der Zugrichtung der Muskeln so genähert (zumal wenn sie, wie oben abgeleitet, in Folge der dachförmigen Knickung der Rolle in zwei Hälften für den an die extreme Oeffnung grenzenden Theil der Drehung schon zum Kiefer selbst weiter nach vorn liegt als sonst), dass diese mit dem realen Hebelarm einen sehr spitzen Winkel bildet, das Drehungsmoment also sehr klein ausfällt, sondern es kommt dann auch die an sich zwar dann sehr grosse gegen die untere Axe hinwirkende Componente in eine so steile Richtung, dass auch sie wieder nur mit einem sehr kleinen Theile (oder an einem sehr kleinen Hebelarme) auf die obere Articulation drehend wirken kann zum grösseren Theile aber auch von der oberen Axe, weil auch gegen sie hingerichtet, getragen wird. So geht dann, wenn ich so sagen soll, die meiste Kraft der Muskelanstrengung verloren, indem sie nur die Axen gegeneinander drückt

und keine Bewegung bewirken kann. Ja es kann sich ereignen, dass bei etwas übermässiger Mundöffnung die Bedingungen wenigstens für die Mm. masseter und pterygoideus so verändert werden, dass durch die Verlegung ihres Ansatzes nach hinten ihre Wirkung in das Gegentheil umschlägt und so die sogenannte Mundsperre erfolgt, bei der diese Muskeln, je mehr sie instinctiv zur Schliessung des Mundes angestrengt werden, die Oeffnung nur mehr fixiren. Noch entschiedener werden sie, wie schon von Hyrtl[1]) erklärt ist, in dieser Weise den Mund offen halten, wenn der Gelenkkopf mit der Bandscheibe wirklich nach vorn von dem Gelenkkopfe des Schläfenbeines in die Schläfengrube hinein ganz oder theilweise luxirt ist, indem dann die Axe des Kopfes entschieden vor die Zugrichtung der Hauptmasse des Masseter und Pterygoideus zu liegen kommt und ausserdem Kopf und Bandscheibe wenn diese die Rolle des Schläfenbeins verlassen hat, gerade nach oben gedrängt werden. Es mögen übrigens, da ja, wie oben angedeutet, die Luxation nur durch Abwickelung der Bandscheibe von der Rolle des Schläfenbeins nach vorn, wo sich keine Hemmung ihrem Vorrücken entgegenstellt, zu Stande kommen kann, hier auch alle Uebergänge zwischen einem geringen Ueberschreiten des Spielraumes der Oeffnungsdrehung und einer völligen Abwickelung der Bandscheibe von der Rolle vorkommen. Wenn aber in beiden Fällen die Umsetzung der Wirkung der Hauptkaumuskeln der Grund ist, wesshalb der Mund in Oeffnung festgehalten wird, so erklären sich alle bei diesen Zuständen und ihrer Einrichtung beobachteten Umstände, so das plötzliche Einschnappen bei einseitig gelungener Reposition, nach der sofort die Muskeln dieser Seite wieder schliessen helfen.

Für die Oeffnung des Mundes sind keine so grossen Muskelkräfte angelegt als für die Schliessung, weil durch sie bei dem physiologischen Gebrauche niemals grosse Widerstände überwunden werden müssen, vielmehr noch die Begünstigung der Oeffnung insbesondere der eigentlich bestimmenden Oeffnungsdrehung um die untere Axe durch die Schwere des Kiefers hinzukommt. Der einzige starke Muskel aus der Gruppe der eigentlichen Kiefermuskeln, der zur Oeffnung mitwirkt, ist der Pterygoideus externus. Er bewirkt, wie Henle mit Recht hervorhebt, an der Bandscheibe und am Gelenkkopfe des Kiefers sehr günstig angreifend fast mit der ganzen Kraft seiner Spannung die Oeffnungsdrehung der oberen Articulationen,

[1]) a. a. O. S. 298 nebst Figur.

durch welche die Bandscheibe und mit ihr der Gelenkkopf nach vorn rücken. Denn seine Zugrichtung trifft, indem sie die obere Axe etwa senkrecht überkreuzt, (zumal, wenn man bedenkt, dass dieselbe nicht rein transversal ist) unter einem sehr steilen Winkel, der bei der Annäherung an die volle Oeffnung völlig ein rechter wird, auf den an sich freilich nicht sehr grossen realen Hebelarm, an dem er auf jene Drehung wirkt, und der gegeben ist durch den Abstand der Axe von dem Ansatz des Muskels. Da nun der letztere mit der unteren Axe etwa zusammenfällt, so wird er, wenn der Knochen, der sie trägt, der bewegte Theil ist, in der unteren Articulation so gut wie keine Drehung hervorbringen, wenn auch bei der Zerlegung in der oberen eine Componente übrig bliebe. Denn diese würde nun, wie aus den obigen allgemeinen Betrachtungen folgt, beide Axen schneiden. Die Oeffnungsdrehung der unteren Articulationen kann nun aber abgesehen von der Einwirkung der Schwere (sowie von der oben nachgewiesenen Unmöglichkeit einer isolirten Oeffnungsdrehung der oberen) sehr einfach durch die langen dünnen Muskeln erfolgen, die das Zungenbein mit dem Kinne verbinden und die das Zungenbein nach unten ziehen, also Mm. geniohyoideus und omohyoideus, sowie auch sternohyoideus und sternothyreoideus in Verbindung mit hyothyreoideus, welche übrigens sämmtlich nicht allein zu diesem Zwecke, sondern besonders zur Bewegung des Zungenbeines und mit ihm des Kehlkopfes und der Zunge dienen (wobei sich dann das Kinn auch als fester Punkt verhält, indem die starken Kaumuskeln dasselbe leicht festhalten). Die Oeffnungsdrehung um die obere Axe würden diese Muskeln theils in ähnlicher Art wie die Kaumuskeln die Schliessungsdrehung durch eine gerade an der unteren Axe ziehende Componente, theils auch insofern mit begünstigen, als Zunge und Kehlkopf von ihnen durch reine Drehung um die untere gegen die Wirbelsäule angedrängt den Kiefer durch ihren Widerstand vorwärtsschieben würden.

Eine besondere Betrachtung mag nun hier noch die Wirkung des M. biventer mandibulae auf die Articulationen des Kiefergelenkes verdienen, obgleich von ihm dasselbe gilt, wie von den anderen am Zungenbein mehr oder weniger befestigten Muskeln, dass seine Hauptwirkung auf dieses geht, indem er es mit Kehlkopf und Zunge gegen den Gaumen anhält, wobei also seine beiden Enden als unbeweglich betrachtet werden können, eine Verlängerung und Verkürzung seiner Fasern aber auf Rechnung der stärkeren oder schwächeren Einknickung seines Verlaufes kommt (wie beim Zwerchfell

u. a. Muskeln). Ganz gewöhnlich wird ihm ausserdem die Bewegung des Kiefers bei der gewöhnlichen Oeffnung des Mundes zugeschrieben, wenn es auch schon von vorn herein wunderbar klingt, dass ein Muskel den Kiefer nach unten ziehn soll, dessen Ursprung viel höher oben liegt als sein Ansatz am Kiefer. Es ist nun wohl wahr, dass er gemeinsam mit den vom Brustbein entspringenden Muskeln zur Oeffnungsdrehung der unteren Articulationen etwas mitwirken, die Angriffsrichtung jener zu dieser Drehung gewissermassen corrigiren kann. Der aus einem solchen Zusammenwirken resultirende Zug wäre aber viel schwächer als die ihn zusammensetzenden Anstrengungen; denn mit dem grösseren Theile ihrer Anspannung würden sich diese Muskeln geradezu entgegenwirken. Denkt man sich dagegen den M. biventer allein wirksam, so wird er nur unter sehr ungünstigem Hebelverhältnisse, also nur mit einer kleinen Componente seines Zuges, auf Oeffnungsdrehung der unteren Articulation hinwirken. Viel entschiedener aber wird er die Schliessungsdrehung der oberen begünstigen nicht nur, weil er für diese schon unmittelbar einen beträchtlich grösseren Hebelarm hat, sondern weil auch die grosse Componente seines Zuges, die, wenn man ihn mit Beziehung auf die untere Axe zerlegt, gegen diese selbst hinwirkt, denselben Effect giebt, wie die oben aus der Wirkung der Kaumuskeln abgeleitete. In dieser seiner Wirkung auf die obere Articulation ist er also der entschiedenste Antagonist des Pterygoideus externus wenn er auch in der unteren, wenn sie sich allein bewegen könnte, eine kleine Beförderung der Oeffnungsdrehung abgeben könnte. Wenn nun auch bei der gewöhnlichen Oeffnungscombination der Einzeldrehungen die um die untere Axe die vorherrschende ist, so würde dieser Muskel doch bei dieser Combination mitwirkend an und für sich ebensoviel hindern als fördern, wie denn auch seine beiden Endpunkte bei der vollständigsten Oeffnung des Mundes einander schliesslich nicht genähert sind. Wenn aber der Pterygoideus externus den Gelenkkopf vorwärts zieht und der Biventer dem weiter unten angreifend etwas widerstrebt, so kann er dann allerdings in seiner Hauptwirkung auf die obere Articulation überwunden die Nebenwirkung auf die untere ein Wenig geltend machen, indem er zugleich der Entfernung des Zungenbeines von der Wirbelsäule durch den gemeinsamen Zug der Muskeln, die vom Brustbein zum Zungenbein und von da zum Kinn gespannt sind, entgegenwirkt. Immer spielt er aber in dieser Combination eine Nebenrolle. Ein selbstständigeres Eingreifen dieses Muskels wird sich als nothwendig

ergeben, wenn man die noch übrigen Combinationen berücksichtigt, was bei der grossen Analogie zwischen ihnen und der eigentlich typischen Combination der Oeffnung und Schliessung nach dem Bisherigen nun sehr einfach ist.

Die Bewegung, durch welche der Kiefer parallel mit sich selbst vor und zurück verschoben werden kann, ergab sich als eine Combination der Einzeldrehungen in demselben Sinne, wie bei Oeffnung und Schliessung, nur dass nicht wie dort der ganze Spielraum der Drehung um die untere Axe, dessen Effect dort den der Drehung um die obere überwog, sondern nur ein dem Spielraume der letzteren gleiches Stück desselben mitwirkt. Es ist also das Vorrücken und Zurückrücken nichts als eine partielle Oeffnung und Schliessung und wird wesentlich durch dieselben Muskeln bedingt, nur dass nun die hauptsächlich thätig sind, welche auf die obere Articulation wirken. Die Oeffnung oder das Vorrücken wird demnach, wie man auch schon immer angenommen hat, vorzüglich vom Pterygoideus externus bewirkt, indem er die oberen Articulationen wie immer zur Oeffnung dreht, während eine mässige Anspannung der langen Halsmuskeln, sowie schon der Einfluss der Schwere des Kiefers, die es zu keiner reinen Oeffnungsdrehung der oberen Articulationen (die die unteren Zähne gegen die oberen führen würde) kommen lässt, die zugehörige Drehung der unteren Articulationen bedingt, ohne dass aber die Kaumuskeln so weit nachgeben, dass sie völlig in Gang kommen könnte. Die Schliessung oder Zurückführung des Kiefers nach hinten bedingt nun aber offenbar vorzüglich der Biventer durch seinen dem des Pterygoideus externus entgegengesetzten Einfluss auf die obere Articulation, während eine mässige Anspannung der Kaumuskeln genügt seine Wirkung auf die untere zu überwiegen.

Hiernach ist es dann weiter sehr einfach die Wirkung der Muskeln auf die seitliche Bewegung des Kiefers abzuleiten, die ja wesentlich nichts anderes ist als die soeben besprochene Combination der Drehungen, einseitig ausgeführt. Der einzelne Pterygoideus externus und der einzelne Biventer sind nur noch etwas vortheilhafter zur Bewegungsbahn gerichtet, wenn diese sich senkrecht zu den nicht rein transversalen Axen ebenso, wie der Verlauf beider Muskeln selbst, nach vorn der Medianebene nähert. Will man die Combination von Vorrücken auf der einen und Zurückrücken auf der anderen Seite, durch die das Kinn am ausgiebigsten von der einen zur anderen Seite herübergeführt werden kann, als einfache Bewegungsbahn auffassen, so würden, um diese zu durchmessen,

der eine Pterygoideus externus und der andere Biventer zusammenwirken. Weiter kann man sich leicht beliebig fort ins Einzelne ableiten wie die Anspannungen der verschiedenen einander mehr oder weniger entgegenwirkenden Muskeln in einander greifen, zur Einleitung des gröberen oder feineren Spieles von Bewegungen, in welchem beim Essen, Trinken und Sprechen die drei schematisch getrennten Arten der Combination zusammenfliessen. Es wäre vielleicht in mancher Art einfacher gewesen die Wirkung der Muskeln auf die verschiedenen Bewegungen nach dem Princip der virtuellen Geschwindigkeiten abzuleiten. Dabei hätte dann aber von den verschiedenen resultirenden Bewegungsformen des Kiefers ausgegangen werden müssen und nicht von dem Drehungsmodus der einzelnen Articulationen, dessen regelmässige Wiederkehr in den verschiedenen Combinationen zu zeigen, die Aufgabe dieser Betrachtungen war.

Schliesslich mögen hier als Anhang einige kurze Andeutungen über die Modificationen einen Platz finden, in welchen der Bewegungstypus des Kiefers bei verschiedenen Thieren je nach dem verschiedenen Gebrauche auftritt. Insbesondere bei den Säugethieren sind ja überhaupt die Hauptcharaktere der meisten grösseren Abtheilungen vom Kauapparat hergenommen und müssen sich nicht minder in dessen Bewegungsmechanismus als in seiner Ausrüstung mit Zähnen aussprechen. Bei den Raubthieren, die fast nur einfach hackend beissen, reducirt sich das Kiefergelenk auf ein einfaches Charnier. Beim Tieger trägt das Schläfenbein keine Rolle, sondern eine Grube, in welche die Rolle des Kiefergelenkkopfes passt. Beim Crocodile ist es umgekehrt, eine Rolle des Schädels passt in eine Rinne am Kiefer. Bei beiden fällt in Folge dessen auch der Unterschied zwischen linkem und rechtem Gelenke weg. Die Axen beider sind identisch, rein transversal. Ob in solchen Fällen die Bandscheibe ganz fehlt oder nur (ähnlich wie ein concavconvexer Glasmeniscus für die Lichtbrechung) durch Parallelismus ihrer Oberflächen bedeutungslos wird, kann ich nicht angeben, da ich nur macerirte Schädel nachgesehen habe. Bei Hasen, wo die scheerenartige Wirkung der Schneidezähne besonders entwickelt ist, ist auch die Duplicität der Axen sehr scharf ausgebildet. Die Rolle am Schädel ist klein aber entsprechend stark gekrümmt, die am Kiefer hat einen grösseren Radius ist aber auch dafür von hinten nach vorn sehr lang. Die Axen stehen auch bei ihnen ziemlich rein transversal. Bei Wiederkäuern dagegen sehr ausgesprochen schief. Hier ist bekanntlich die Seitenbewegung sehr ausge-

bildet, der Gelenkkopf hat auch für die kleine Drehung um die senkrechte Axe auf der ruhenden Seite eine theilweise fast rein kugelförmige Abrundung. Bei Vögeln ist die ganze Einrichtung eine andere, weil hier durch das Eintreten des Quadratbeines und einiger anderer kleiner Knochen eine noch viel grössere Gruppe einzelner Charniere zu einem Systeme zusammentritt. Die Typen bei den Säugethieren aber sind gewissermassen nur einseitige Ausbildungen für vereinfachte Zwecke von dem Typus, der beim Menschen die mannichfachste Anwendung zulässt, eben deshalb aber nicht so scharf schematisch hervortritt. Eine eingehendere Untersuchung hierüber wäre eine vielversprechende Aufgabe.

II. Die Bewegungen des Kniegelenkes.

(Vgl. Taf. IV.)

Einleitung.

Das Kniegelenk hat eine grössere Litteratur als irgend ein anderes. Auf die Beschreibung von Ed. Weber[1]) sind noch drei monographische Abhandlungen über dasselbe gefolgt von H. Meyer[2]), Robert[3]) und Langer[4]). Es verlohnt sich die Resultate derselben kurz zusammenzufassen, um theils die richtigen Beobachtungen hervorzuheben, die in einer neuen Auffassung des Zusammenhanges nur etwas anders gedeutet oder eingereiht werden dürfen, theils die schon in der allgemeinen Einleitung aufgestellte Behauptung zu begründen, die allein eine neue Bearbeitung des Gegenstandes rechtfertigt, dass alle diese zum Theil an Einzelnheiten sehr reichen Erklärungsversuche nicht zu einer klaren Uebersicht des ganzen Mechanismus führen konnten, weil sie nicht gehörig die einzelnen durch die Bandscheiben getrennten Articulationen auseinander gehalten haben. Um dies jedoch leichter durch den Gegensatz erläutern zu können, mag es erlaubt sein, meine im Verlaufe weiter zu begründende Auffassung hier im Vor-

---

[1]) Mechanik der Gehwerkzeuge. Von W. und Ed. Weber. Göttingen 1836. S. 161 ff. Ich folge nur dem Beispiel von Ludwig, wenn ich es als selbstverständlich ansehe, dass diese Betrachtung wesentlich Antheil des Anatomen an der gemeinsamen Arbeit ist.

[2]) Die Mechanik des Kniegelenks. Müller's Archiv 1853. S. 497.

[3]) Unsersuchungen über die Anatomie und Mechanik des Kniegelenkes. Giessen 1858.

[4]) Das Kniegelenk des Menschen. Aus dem XXXII. Bande, S. 99, des Jahrganges 1858 der Sitzungsber. der math. natw. Cl. der k. Akad. d. W. in Wien.

aus kurz zusammenzufassen. Sie geht, wie ebenfalls schon oben angedeutet, davon aus, dass sich zunächst die platten Oberflächen der Tibia und des Femur gar nichts angehen, wenn sie sich auch bei gewissen Stellungen in grösserer Ausdehnung decken (namentlich am medialen Condylus), die einfachen Elemente aber des ganzen Mechanismus die vier einfachen Articulationen sind zwischen je einer Bandscheibe und einer Gelenkfläche des einen und des anderen Knochens (zwei obere und zwei untere Articulationen). Die Bewegungen derselben beruhen auf congruentem Schleifen mit den in der Einleitung bezeichneten Einschränkungen, welche aus der Elasticität der Bandscheiben folgen. Die Bewegungen zwischen den Bandscheiben und dem Femur sind ziemlich reine Drehungen um annähernd transversale Axen, von denen aber die des medialen Condylus mit dem medialen, die des lateralen mit dem lateralen Ende etwas nach vorn und beträchtlich nach oben gerichtet ist, so dass die Drehung im gleichen Sinne in beiden eine Componente von Drehung um eine senkrechte Axe im entgegengesetzten Sinne in sich schliessen muss. Die Bewegung zwischen den Bandscheiben und der Tibia ist wesentlich eine Drehung um nahezu senkrechte Axen, die ziemlich zusammenfallen und etwa mitten in der Tibia liegen, aus der Eminentia intercondyloidea hervortreten. Diese Drehung geschieht nun bei Beugung und Streckung in beiden unteren Articulationen in Beziehung auf die Axe im entgegengesetzten Sinne (so dass also beide Bandscheiben nach hinten oder nach vorn gehen) und compensirt die Componenten der Drehung in den oberen, welche sich ebenfalls entgegengesetzt sind (doch geschieht dies vollständiger in Bezug auf die den lateralen Articulationen angehörenden Drehungen; von der die aus der Schiefheit der Axe in der medialen oberen hervorgeht, bleibt in der Combination etwas übrig). Beide untere Articulationen können sich aber auch im gleichen Sinne drehen (also die eine vor- die andere rückwärts), was mit geringen compensirenden Bewegungen der oberen die sogenannte Rotation ergiebt. Natürlich kann dies aber nicht geschehen, wenn sie bereits beide durch Drehung im entgegengesetzten Sinne eine Grenze ihrer Bewegungsbahn erreicht haben, sich also auch von dieser zunächst nur wieder durch Drehung im entgegengesetzten Sinne entfernen können, wie dies bei voller Streckung der Fall ist. Vergleicht man nun mit dieser nachher weiter zu begründenden Auffassung die bisher gegebenen, so wird man finden, dass jene keineswegs in allen ihren Theilen ganz neu ist, sondern einzelne Bemerkungen der früheren Arbeiten

schon ganz in sie hineinpassen, dass aber, weil sie noch nicht so einfach gefasst war, das Verständniss des Ganzen sich nicht schliessen konnte.

Die Weber'sche Betrachtung über die Bewegung des Kniegelenks geht, wie alle folgenden, davon aus, die aus der gemeinsamen Bewegung aller von mir unterschiedenen Articulationen resultirende Bewegung zwischen Femur und Tibia als eine einfache zu fassen und ihr Gesetz durch Beobachtung zu finden. Die Bandscheiben sind dann einfach als Lückenbüsser „den Bewegungen der Condylen zu folgen genöthigt." Dies ist meiner Ansicht nach nicht der einfachste Weg die Sache zu behandeln, aber es ist nicht falsch. Wenn aus Verschiebung mehrerer fester Körper gegeneinander die von zweien unter ihnen in einer gesetzmässig wiederkehrenden Form folgt, kann man direct fragen: wie bewegen sich dann diese beiden gegeneinander? So hat man auch fragen können: wie bewegt sich der Kiefer gegen den Schädel? Man ist so durch eine annähernd richtige Beobachtung zu der Annahme einer abwärts von der des Gelenkkopfes gelegenen Axe, wie sie Hyrtl beschreibt, wie sie aber nicht existirt, gekommen; es wäre denkbar, dass man so bei genauerer Beobachtung direct die Bewegung hätte finden können, welche ich a posteriori aus den auf einfacherem Wege gefundenen zwei Axendrehungen abgeleitet habe, und man hätte dann bei guter Construction der Curven auf dem umgekehrten Wege zu ihrer Zusammensetzung aus den beiden einfachen Drehungen kommen können, obgleich dies gewiss nicht wahrscheinlich ist. So ist nun auch hier die Weber'sche Betrachtung zunächst zu dem ganz richtigen Resultate gekommen, dass die Bewegung zwischen Femur und Tibia keine einfache Drehung um die Axe eines Gelenkkopfes ist, auf dem sich eine Pfanne congruent schleifend bewegt. Dagegen soll sie auf Grund der richtigen Beobachtung, dass die Stelle, welche annähernd als Drehungsaxe im Condylus angenommen werden kann, bei Beugung etwas vorrückt, mit einer rollenden Bewegung des Condylus auf der Tibia, wie die eines Rades auf dem Boden ist, vergleichbar sein. Doch auch vom Rollen unterscheidet sie sich wieder dadurch, dass offenbar die angenommene Axe, die der Radaxe entsprechen würde, keineswegs entsprechend dem Stück der Radkrümmung, welches durch Drehung um die Axe am Boden abgewickelt sein müsste, vom Flecke rückt. Denn „die successiv in Berührung kommenden Puncte lagen auf der abgerundeten Fläche des Oberschenkelbeins weiter auseinander als auf der oberen Fläche der Tibia." Demnach soll nun das

Rollen des Femur auf der Tibia nicht frei sein, „sondern, wie bei einem gehemmten Rade mit Schleifen verbunden.“ Der Vergleich ist nur in sofern nicht ganz richtig, als das Verhältniss zwischen der Drehung um die Radachse und dem Vorrücken des ganzen Rades mit dem Hemmschuh, in dem es sich für sich noch etwas dreht, während es mit ihm schleifend fortgezogen wird, hier gerade im umgekehrten Sinne von dem beim freien Rollen abweicht. Denn das gehemmte Rad dreht sich viel weniger um seine Axe, als wenn es bei freiem Rollen eine gleiche Strecke vorwärts käme. Der Condylus dreht sich dagegen viel mehr um seine Axe, als nöthig wäre um rollend die sehr kleine Bewegung vorwärts auf der Tibia zu machen. Wenn der Vergleich passen sollte, so müssten vielmehr die Punkte, die sich successiv berühren, auf der Tibia mehr als auf dem Femur auseinander liegen. Passender wäre der Vergleich mit der Bewegung der Räder einer Locomotive, die sich noch drehen, während die Reibung zwischen ihnen und der Schiene nicht mehr ausreicht um das Gleiten zu hindern, welches eintreten muss, wenn der Zug nicht um so viel mehr vorrückt, wie er bei freiem Rollen müsste. Doch darauf kommt im Ganzen nicht viel an. Richtig ist jedenfalls die Beobachtung, dass hier zweierlei geschieht: ein Vorrücken und ein Drehen, ähnlich wie bei einem Rade, nur nicht in dem Verhältniss wie beim Rollen. Dies erfolgt aber nicht aus wirklich rollender Bewegung d. h. aus successiven Drehungen um einzelne Contactpunkte oder Contactlinien, sondern es ist jedes für sich Folge einer einfachen gleitenden Verschiebung, einmal der Flächen, mit denen der Condylus in die Bandscheibe passt und durch ihre Apertur zugleich die Tibia berührt, dann aber gleichzeitig der Flächen, mit denen die Bandscheibe auf der Tibia vorwärts und rückwärts schiebt. Mit dieser kommt auch die Apertur der Bandscheibe successiv über andere Stellen der Tibiagelenkfläche zu stehen, es rücken also die Contactpunkte auch auf der Tibia etwas von der Stelle, während an ihnen gleichzeitig auch das Gleiten des Condylus an der Bandscheibe mitgeschieht; es entsteht so die scheinbare Verbindung eines Theiles beider Bewegungen in einer, die man rollend nennen könnte, während jede für sich betrachtet auf reinem Schleifen beruht, wie es sich an den Flächen der Bandscheiben rein und einfach erkennen lässt. Die Verschiebung zwischen Tibia und Femur ist in der That zusammengesetzt aus zwei einfachen Bewegungen, die man daher besser zuerst in ihrer Einfachheit studirt. Denn dann ergiebt sich das zusammengesetzte von selbst, wie ich es schon

beim Kiefer bewiesen zu haben glaube, und zwar, was der Hauptvortheil ist, auch für verschiedene Arten der Combination derselben Einzelbewegungen. Dagegen bedarf die Weber'sche Darstellung für die Rotationscombination einer neuen Erklärung, die zwar an dasselbe Bild vom Rade anknüpft, welches sich nun, wie beim Umlenken, um eine senkrechte Axe drehen soll, in der aber die weiteren Bestimmungen über den Bewegungsmodus, die von der Beugung hergenommen sind, keine Anwendung finden können.

Wenn bis hierher das Ergebniss der Beobachtung der resultirenden Bewegung nur einen minder klaren und einfachen Ausdruck für das gab, was auch auf jedem anderen Wege wieder als richtig erkannt werden muss, so beginnt nun der eigentliche Fehler mit der näheren Untersuchung über die Form der Condylen und deren Bedeutung, und zwar ist er wie schon in der allgemeinen Einleitung angedeutet, auch nur eine Consequenz davon, dass man die Knochen als direct mit einander articulirend betrachtete und die Bandscheiben als Zwischenglieder ignorirte. Denn, wenn die Articulationen des medialen und lateralen Condylus nur Verbindungen zwischen denselben beiden festen Körpern sind, so ist allerdings eine Verschiedenheit in ihren Flächenkrümmungs- und Bewegungsgesetzen nicht denkbar und es war sehr natürlich, dass Weber, von dieser Vorstellung ausgehend, beide nicht unterschied und sich so die Auffindung der für beide verschiedenen Neigung ihrer Axen gegen den Horizont verschloss, indem er wieder von der Beobachtung ausgehend, dass die Bewegung des einen Knochens gegen den anderen schliesslich in der That ziemlich rein in sagittaler Richtung geschieht, diese Richtung für die Durchschnitte durch die Condylen wählte, aus deren Profil er die Lage der beiden Condylen gemeinsamen Axe finden wollte, deren Richtung er als rein transversal von vorn herein annahm. Sobald man sich überzeugt, dass die Axen der Condylen, wie auch ihre Lage sein mag, nicht transversal ist (oder dass sie auch nur noch nicht als bekannt angenommen werden kann), so fällt die Bedeutung des so gewonnenen Profilschemas und aller aus demselben gezogenen Schlüsse ebenso, wie die Bedeutung der vielen von Günther ausgemessenen Profile von Durchschnitten durch die Handgelenke fallen musste, sobald es sich zeigte, dass die Axen derselben weder quer noch sagittal gerichtet sind. Denn die Bedeutung eines solchen Schnittes beruht natürlich nur darauf, dass er genau in die Richtung der Bewegung fällt, oder um es anders auszudrücken, wenn man sich die Ober-

fläche des Gelenkkopfes selbst durch eine der des Gelenkes ganz analoge Bewegung einer Erzeugungslinie entstanden denken kann, darauf, dass er von dieser stets denselben Punkt trifft, dass sein Profil der Weg ist, den dieser Punkt bei der Erzeugung der Fläche durchlaufen haben würde. Deshalb kann es zunächst Schnitte von dieser Bedeutung überhaupt nur da geben, wo die Bewegung rein in Einer Ebene erfolgt, also die Axe sich stets gleich oder doch gleichgerichtet bleibt und keine Verschiebung in der Richtung der Axe (Schraubenbewegung) hinzukommt[1]); dann aber müssen sie natürlich senkrecht zur Axe geführt sein, wie es die Sagittalschnitte am Knie nicht sind. Für den medialen Condylus werden sich überhaupt solche Schnitte nicht machen lassen, man müsste denn krumme Flächen zu schneiden lernen, weil, wie zuerst Meyer bemerkt hat, die Richtung der Axe in ihm sich nicht gleich bleibt, für den lateralen sind die sagittalen nicht die richtigen und es lassen sich andere finden, die zur Axe senkrecht auch wie an anderen Gelenken nahezu kreisförmige Profile geben. Die Weber'schen Schnitte, welche eine spiralige Abweichung von Kreisen ergeben haben, sind demnach nicht brauchbar zu Schlüssen, wie sie von Weber u. A. sind darauf gegründet worden. Doch liegt in der Beobachtung an sich ebenfalls etwas richtiges und die spiralige Krümmung der Profile kehrt am medialen Condylus auch bei veränderter Richtung des Schnittes wieder, weil es eben hier keinen für die ganze Länge des Condylus zur Axe senkrechten Schnitt giebt, und muss nur danach anders gedeutet werden.

Nach dieser Kritik der Weber'schen Betrachtung kann ich mich über die folgenden verhältnissmässig kurz fassen. Sie haben mehrfach im Einzelnen den Fehler jener erkannt, sind aber doch im Ganzen nicht über denselben hinaus gekommen. So hat zunächst H. Meyer sich wesentlich bei der Darstellung der Condylenkrümmung auf das Weber'sche Profil (das er aber nicht mit Hülfe eines Durchschnittes, sondern durch Beobachtung mit dem Fernrohr in querer Richtung herstellte) gestützt und nur das Schema etwas eckiger gemacht, indem er an die Stelle der Spirale zwei verschiedene Kreise setzte und so den Begriff der sogenannten Ginglymoarthrodie,

[1]) Im letzteren Falle ist jedoch bei geringer Höhe der Schraube immerhin eine sehr annähernd richtige Benutzung der Schnitte in analoger Weise, wie bei reinen Drehgelenken, wohl zulässig, während eine Lage- und besonders Richtungsänderung der Axe, auch wenn gering, viel leichter schon eine weder zu ignorirende noch auch leicht zu corrigirende Abweichung in den Profilen der Durchschnitte bedingt, wodurch sie unbrauchbar werden.

den er auch sonst nicht minder unglücklich durchzuführen versucht hat, anwenden wollen, der ihm hier wohl darum mag besonders nahe gelegen haben, weil er ihn sonst dazu gebraucht hat, eine Bewegung zu erklären, die in einem Theile ihrer Bahn einfach ginglymisch, in einem anderen freier wird. Dies konnte freilich hier doch nichts helfen (und er versucht auch nicht hier diese Anwendung zu machen) weil die Kugel, zu deren Abschnitt in diesem Schema ein Theil der Rolle werden soll, indem die Hauptkrümmung der der Erzeugungslinie gleich wird, doch nicht für beide Condylen dieselbe wurde. Daneben hat nun aber Meyer doch die Neigung der Axe eines Condylus gegen den Horizont an der Stelle, wo sie sich am stärksten ausspricht, ganz richtig beobachtet, indem er den vorderen Theil des medialen Condylus als einen mit der Spitze oder mit der Axe, die er die schiefe Axe des Kniegelenks nennt, gegen den hinteren unteren Theil des lateralen hingerichteten Kegel definirt. Er hat nur nicht gesehen, dass diese Abweichung von der rein queren Richtung der Axen, wenn auch weniger stark, für die ganze Krümmung der beiden Condylenflächen gilt, und hat daher den Theil, an welchem er sie erkannte, so karrikirt scharf dem Rest schematisch gegenübergestellt, dass Henle[1]) dadurch veranlasst worden ist, hinter dieser ganz richtigen Beobachtung einen sehr groben Fehler zu vermuthen. Er meint nämlich, das Stück Gelenkfläche, das nach Meyer die schiefe Axe enthält, sei nichts anderes als der schmale Streifen der Knorpeloberfläche, der sich an der Grenze der Patellarolle und der eigentlichen Condylusfläche an beiden Condylen als Hemmungsfläche für die Bewegung zwischen Condylus und Bandscheibe oder, wie er es ausdrückt, als Abdruck der Bandscheibe erhebt. Das wäre nun doch zu stark, und offenbar ist vielmehr ein grosser Theil der Condylusgelenkfläche selbst gemeint, der aus dem Hinterliegenden ganz allmälig hervorgeht, sich aber stärker als diese evident auch in horizontaler Richtung krümmt, „so dass seine Concavität nach der Fossa intercondyloidea hinsieht.“ Dies wird ganz richtig erklärt, wenn man sich denkt, dass, wenn die Erzeugungslinie der ganzen Fläche sich von hinten nach vorn bewegt, die Axe um welche sie sich dreht, mit dem medialen Ende mehr nach oben gerichtet wird, also nun, wenn man so will, eine Drehungscomponente um eine senkrechte Axe hinzukommt, wenn auch nicht so plötzlich, wie Meyer es darstellt (was jedoch annähernd auch vorkommt,

[1]) Bänderlehre S. 132, Anmerkung.

wie es z. B. in Fig. 3. der Abhandlung von Langer erscheint). Richtig ist weiter auch die Beobachtung, dass bei gewöhnlicher Streckung gegen das Ende etwas mehr Rotation hinzukommt; doch ist dies nicht so einfach, wie Meyer will, nur aus jener Eigenthümlichkeit der Krümmung des medialen Condylus zu erklären, sondern es muss dabei die mehr oder weniger zurücktretende gleichzeitige Bewegung der anderen Articulationen mit berücksichtigt werden und bei veränderter Combination derselben kann die Erscheinung auch gänzlich ausgeschlossen werden. Endlich ist schon in der allgemeinen Einleitung hervorgehoben, dass Meyer auch die Bedeutung der Bandscheibe als Meniscus theilweise richtig gewürdigt hat, aber dies nun wieder vorzugsweise nur mit Beziehung auf die lateralen Articulationen, wo allerdings die Selbstständigkeit der unteren sich am deutlichsten ausspricht. „Im inneren Kniegelenke," sagt er, im Gegensatz zu dem medialen, das er für eine einfache Articulation gelten lässt, „wird dagegen ein grosser Theil der Bewegungen, namentlich alle Rotationsbewegungen, zwischen dem Semilunarknorpel und der Tibia ausgeführt, so dass man füglich sagen könnte, es sei eine Ginglymo-Arthrodie zwischen dem Femur und dem äusseren Semilunarknorpel und ein Rotationsgelenk zwischen diesem und der Tibia. Diese Unterscheidung, abgesehen von den Definitionen für den Charakter der einzelnen Articulationen, könnte man nicht nur füglich machen, sondern sie ist der einzige Weg zum Verständniss des ganzen Zusammenhanges, nur muss man sie auch da durchführen, wo sie nicht so grob in die Augen springt. Meyer hat die Schiefheit der Axe des Condylus nur auf der einen, die Selbstständigkeit der unteren Articulationen nur auf der anderen Seite des ganzen Gelenkes bemerkt, darüber aber nicht erkannt, wie sich beide nothwendig bedingen und ergänzen.

Noch entschiedener als Meyer hat Robert das erkannt, worauf in der Weber'schen Darstellung der Fehler beruht, aber auch er ist unbegreiflicher Weise nicht dazu fortgeschritten nun den richtigeren Weg einzuschlagen. Er hat ganz richtig erkannt, dass die Ränder der Condylen nicht in parallelen Ebenen liegen, dass namentlich der mediale Condylus auch in der horizontalen Projection etwas gebogen ist, dass in Folge dessen die Bewegung auf ihm einen Antheil von Drehung um eine senkrechte Axe in sich schliesst, oder einfacher ausgedrückt um eine schiefe Axe geschieht, er hat auch daraus weiter richtig geschlossen, dass nur dem entsprechend schief geführte Durchschnitte einen Werth haben können.

Man begreift daher nicht, warum er sie nicht gemacht hat, sondern nur die rein sagittalen wiederholt, Abweichungen der Profile, die sie ihm ergeben haben, von den Weber'schen referirt, und dann ebenso wahr als bescheiden hinzufügt, dass diese Angaben auch nicht richtig sein können. Man begreift aber leicht, wie er auf diese Weise zu keiner vollständigeren Einsicht in den Zusammenhang des Ganzen trotz mancher sehr genauen Detailbeobachtungen (z. B. der durch Messungen belegten Beobachtungen über die Verkürzung des sagittalen Durchmessers der Bandscheiben, die eintritt, wenn dieselben auf der Tibia nach hinten rücken) gelangen konnte, nicht besserte, was er als falsch erkannte.

Die letzte und ausführlichste Arbeit endlich von Langer bringt ebenfalls viele neue Beobachtungen und ebenfalls viele solche, aus denen der Grundfehler der früheren Behandlung leicht hätte gefolgert werden können, verwickelt sich aber trotzdem nur tiefer in Missverständnisse als die früheren, kommt noch weniger zu einer klaren Trennung der Einzelbewegungen, weil sie die Einheit des ganzen Mechanismus noch mehr zur Grundlage der Auffassung macht, statt sie in ihre Elemente aufzulösen. Langer bestätigt die von H. Meyer gegebene Definition der Form des medialen Condylus oder eines Theiles desselben als eines Stückes von einem Kegelmantel (complicirt sie nur ganz unnöthig durch Annahme einer Schraube, worauf ich noch zurückkomme) und dehnt dieselbe mit Recht auch auf den lateralen aus, dessen Axe dann natürlich mit der des andern nicht mehr zusammenfallend, sondern sich kreuzend angenommen werden muss. Hieraus hätte er sofort schliessen müssen, dass auch die Drehungsaxen der Articulationen, für welche die Form der Condylen bestimmend ist, sich kreuzen und unabhängig von einander bestimmt werden müssen, womit dann die Nothwendigkeit der Compensation ihrer Verschiedenheit bei gemeinsamer Bewegung in anderen dann ebenfalls einzeln zu analysirenden Articulationen ebenfalls gegeben gewesen wäre. Statt dessen geht er wieder nur von der directen Beobachtung von Gesammtbewegungen aus, die ihm manche neue richtige Bemerkung ergiebt. So bemerkt er, dass das von Meyer constatirte Hinzutreten sogenannter Rotation zur äussersten Streckung auch mehr auf die ganze Bahn der Streckbewegung vertheilt und dadurch dann zuletzt weniger auffallend werden kann, was wieder schon darauf deutet, dass es sich hier nur um verschiedene Arten der Combination constanter Einzelbewegungen handelt. Er unterscheidet danach eine reine und eine mit Rotation combinirte Flexionsbewegung;

dass aber beide nur Combinationen sind, sieht er nicht, weil er Rotation und Flexion nicht nach Articulationen, sondern ähnlich wie Günther die Arten der Handgelenksbewegung nach festen hypothetischen Axen unterscheidet, nämlich, wenn er es auch nicht ausdrücklich sagt, als Drehung um die senkrechte und die quere Axe. So wird ihm die Bewegung die einfache, bei der der bewegte Theil möglichst lange in einer rein sagittalen Ebene gehalten werden kann, obgleich wie bald zu zeigen sein wird, gerade hierzu das wenigst einfache Ineinandergreifen aller einzelnen Bewegungselemente nöthig ist. Was er aber die combinirte Flexion nennt und als die bevorzugte Normalbewegung anzusehn scheint, ist die Art der Combination, wobei die Compensation des Antheils von Drehung um eine senkrechte Axe, welcher beiden oberen Articulationen zukommt, durch die zugehörige untere nur für die laterale, für diese dann aber so vollständig geschieht, dass nun die analoge aber dem Sinne der Rotation nach entgegengesetzte Drehungscomponente der medialen sich geltend macht. Dies geht deutlich daraus hervor, wie sich die Berührung zwischen Femur und Tibia dabei verhalten soll. Ganz richtig hat nämlich Langer beobachtet, dass ein vollständigerer Contact zwischen ihnen im vorderen Theile des ganzen Gelenkes nur dann eintritt, wenn der betreffende Condylus sich bei der Rotation vorwärts bewegt, oder für beide Seiten zugleich bei vollständiger Streckung, d. h. um es gleich hier in meine Darstellung zu übersetzen, Tibia und Femur decken sich hier ebensowohl bei Beugung wie bei Rotation am Schlusse der Bewegung der unteren Articulationen, durch welche die Bandscheiben auf der Tibia vorwärts bewegt werden, zu dieser Bewegung verhält sich jener directe Contact der Knochenflächen als Hemmung. Sie können sich aber, wenn die betreffende untere Articulation einstweilen an dieser Grenze ihres Spielraums stehn bleibt, während die Bewegung der oberen beginnt, an der letzteren schleifend betheiligen. Denn die Pfanne der Tibia ergänzt sich dann in der That, wie Langer sagt, mit der Bandscheibe zu einem Abklatsch des Condylus. So geschieht es bei jener combinirten Bewegung am medialen Condylus. Für Langer dagegen ist dies wechselnde Schliessen und Klaffen des grössten Theiles der sich direct gegenüberstehenden überknorpelten Knochenflächen, wie bei Weber der Ausdruck von mit Schleifen verbundener Abwickelung derselben aneinander. Darüber übersieht er denn die wirklichen Verschiebungen des auch bei den ganzen Bewegungen beständigen directen Contactes der Knochen. Dieser liegt immer,

mag man ihn schematisch Contactpunkt oder Contactlinie nennen, am Rande der Bandscheibe und, mag man diese für wesentlich oder für unwesentlich halten, so sind doch ihre Verschiebungen mindestens Symptome für die Verschiebungen des Contactes, mit deren Hülfe diese direct constatirbar sind. Hier ist es, wo sich am leichtesten ein directer Widerspruch zwischen Langer's Darstellung und der Beobachtung nachweisen lässt. Nach seiner Auffassung der Rotation geschieht diese in der schonerwähnten Combination ganz analog, wie wenn sie einzeln ausgeführt wird d. h. also so, dass der eine Condylus vortritt, wenn der andere zurücktritt, was auch nicht anders sein kann, wenn man nur die für den ganzen Knochen resultirende Bewegung gegen den andern in Betracht zieht und nicht einfache Flächenverschiebungen einzelner Articulationen auch als einfache Bewegung nimmt. Er spricht von Zurückdrängen des medialen Condylus bei der Streckung, wo er nur einfach um seine schiefe Axe sich drehend zuletzt rein an der Tibia gleitet, während sein Contact durch das, was man wirklich als besondere Rotation unterscheiden könnte, die Bewegung der unteren Articulation, dann gerade so gut vorgeschoben ist, wie der des lateralen. Er verkennt nicht das Zurücktreten beider bei der Beugung, unterscheidet aber dieses als Zurücktreten der Masse der Condylen von dem Vorwärts- oder Zurücktreten des Contactes bei der Flexion, welches er vollständig leugnet. Es ist nun aber aus schon erwähnten Gründen aus der Bewegung der Bandscheiben direct nachzuweisen, dass der Contact beider Condylen bei voller Streckung vor- bei voller Beugung rückwärts tritt, wenn auch in Theilen der Bewegung auf der einen Seite des ganzen Gelenkes namentlich der medialen, wo sie überhaupt kleiner ist, diese Compensationsbewegung ausgeschlossen und dafür auf der anderen grösser gemacht werden kann.

Wenn so bereits die Betrachtung des Gesammtmechanismus, von welcher Langer ausgeht einen groben Irrthum in sich schliesst, so muss man schon darauf gefasst sein, dass in der Analyse der Einzelbewegungen und der Form der Knochenoberflächen, welche er daran knüpft, die sehr minutiösen Detailausführungen auf falschen Grundvorstellungen aufgebaut fast ganz unfruchtbar angehäuft sein müssen, wenn sie auch zum Theil so sorgfältig ausgeführt sind, dass sie sich auch von verändertem Standpunkte aus als richtig erkennen und deuten lassen. Die Einzelbewegungen sind keine solchen in meinem Sinne, sie sind immer Bewegungen zwischen Femur und Tibia also fast immer selbst combinirte, als solche aber

natürlich, wie bei Weber, nicht auf einfache Drehung zurückführbar, und für die Entwickelung der Knochenformen am Femur ist der Grundfehler ebenfalls ganz derselbe wie bei Weber, die Zugrundelegung des reinen Sagittalschnittes, dessen Unbrauchbarkeit ich schon oben erörtert habe. Aus ihm ergiebt sich das „Sagittalschema" Langer's, an dem er mit Hinzuziehung eines in analoger Weise von den Fussgelenken der Vögel gewonnenen seine Annahmen von logarithmischen Spiralen mit ihren Evoluten als Axencurven u. s. w. entwickelt, was unter diesen Umständen alles für vergebliche geometrische Stilübung zu halten ist[1]). Eine weitere Folge des Absehens von der Schiefheit der Condylenaxen ist die Annahme eines Schraubenganges, durch welche Langer die Eigenthümlichkeit der Form des vorderen Theiles des medialen Condylus zu erklären sucht, von der schon Meyer eine viel richtigere Erklärung gegeben hat. Denn, wenn man stets darin befangen ist, sich die Axe des Condylus, um welche er sich bei der Beugung dreht, als stets sich selbst parallel und quergerichtet vorzustellen, so muss dies offenbare laterale Abweichen seiner Ränder aus der sagittalen Richtung „den Eindruck einer Schraubenwindung" machen, der, ich gestehe es, mir selbst vorübergehend plausibel erschienen ist. Dass aber im Grunde nicht ein Hinzukommen von progressiver Bewegung der Erzeugungslinie zur drehenden, wobei sich die Axe parallel bleibt, was doch das Wesen der Schraube ist (und auch das von Langer gebrauchte Bild der Schneckenform schliesst diese Vorstellung nicht aus, sondern nimmt nur gleichzeitig die der spiraligen Annäherung an die Axe[2]) hinzu), sondern eine im Verlaufe der Bewegung der Erzeugungslinie veränderte Richtung der Drehungsaxe, wie sie nur etwas grob schematisch schon Meyer angegeben hat, das Wesen dieser Biegung

---

[1]) Es kann vielleicht als ein Widerspruch erscheinen, wenn ich hier die Anwendung eines Sagittalschnittes als Grundlage der Betrachtung für den Hauptfehler erkläre, während ich beim Kiefer, wo sie genau genommen auch nicht berechtigt, der Sagittalschnitt auch nicht absolut senkrecht zu den Gelenkaxen ist, selbst keinen Anstand genommen habe von demselben auszugehen. Dort ist aber der Fehler weit geringfügiger und es genügte daher, ihn beiläufig zu corrigiren. Die Betrachtung machte sich so bequemer.

[2]) Es kann übrigens hier nicht meine Meinung sein, eine derartige Verbindung von Schraubengang und spiraliger Abweichung von reiner Drehung allgemein zu leugnen. Habe ich dieselbe doch schon lange, ehe Langer sie beschrieben hat, meiner ersten Darstellung der Articulationen des Calcaneus zu Grunde gelegt. Vgl. diese Zeitschr. N. F. Bd. VII. S. 225, wo es u. a. S. 232 heisst, dass die Spurlinien in der Richtung der Axe angesehen, „als Theile von concentrischen Spiralen erscheinen."

des Condylus richtig bezeichnet, zeigt die Rolle, welche sie bei der Bestimmung der Bewegungen spielt. Denn hier ist diese Drehung der Axe sehr wesentlich für die Erklärung der Gesammtbewegung, während durchaus nicht abzusehen ist, was aus der kleinen progressiven Bewegung einer einzelnen Articulation, der in den anderen nichts entspricht, bei der Gesammtbewegung werden soll. Dies ist Langer nicht entgangen, denn er sagt selbst: „der Effect der Schraube geht hier nicht auf eine laterale Verschiebung aus, wie bei den Schraubencharnieren, sondern auf eine Wendung des beweglichen Knochens. Die im Raume fortschreitende Axe bleibt nicht zu sich selbst parallel.“ Das nennt man aber doch keine Schraube mehr. Ebensowenig ist abzusehen, wie die Abschüssigkeit des hinteren Randes der lateralen Tibiagelenkfläche, deren Anblick allerdings auch dazu verführen kann, aus einer schraubigen Ablenkung und nicht auch im Zusammenhang mit der Bewegung eher aus Schiefheit der Axe zu erklären sein soll. Hier ist offenbar die Unklarheit am entschiedensten, der mediale Condylus soll nun wieder zur Beugung vorrücken; zugleich soll er sich schraubenauf heben, während der andere gleichzeitig schraubenab steigt; man sieht nicht wie sie noch zusammenhalten können; der Vergleich aber mit den Epistropheusgelenkflächen stimmt nicht mit der Angabe, dass die Windung am linken Beine innen links, aussen rechts gehn soll, da doch hier zunächst der hintere Theil der Flächen scheint gemeint sein zu sollen; denn hernach ist vom Abfallen derselben weiter nach vorn im entgegengesetzten Sinne die Rede. Ebenso ist die Entwickelung der Abwickelung, auf die auch die Rotationsbewegung soll zurückgeführt werden, sehr willkürlich. Es handelt sich um kleine Gradunterschiede des Vorrückens und Zurückrückens der Condylen, woraus die Veränderlichkeit der Lage der Axe, ihr Laufen um einen Zapfen deducirt werden soll mit Zuhülfenahme von Spurlinien, die durch Fortsetzung der Bewegung über ihre Grenzen hinaus gewonnen doch nicht einmal in der Zeichnung (Fig. 13.) zu der Deduction, die sie stützen sollen, stimmen, da, obgleich sie vom Femur aus gezeichnet sind, wo also die Punkte, welche sie beschrieben haben, gleichen Abstand behalten müssen, ihr Abstand in der Richtung AB dem in der Richtung A′B′ keineswegs gleich ist. Für die Bestimmung der einfachen Bewegung, für welche die Oberflächen der Tibia bestimmend sind, haben sie so gut wie keinen Werth ebenso, wie die von der Tibia auf das Femur entworfenen, die natürlich an sich um so richtiger sind, je

genauer sie einander bei derselben Art der Bewegung genau parallel bleiben (Differenzen zwischen ihnen, wie sie sich auch erwähnt finden, haben gar keinen Sinn, denn es können sich doch zwei Punkte desselben festen Körpers über demselben andern festen Körper nicht verschieden bewegen), aber auch auf jedem bei verschiedenen Arten der combinirten Bewegung verschieden ausfallen können. Sie laufen den Rändern der Condylen nicht parallel, nicht senkrecht zu deren Drehungsaxen, stehen in keiner directen Beziehung zu deren Form, wie die, welche ich von den Bandscheiben aus zur Ermittelung derselben gezogen habe. Damit soll nicht gesagt sein, dass sie nicht eine richtige Deutung im Sinne der Bewegung zuliessen, von der sie Spuren sind. Diese ist wieder eine combinirte, in jedem kleinsten Theile zusammengesetzt aus einem grösseren Antheile der Drehung des Condylus mit der Bandscheibe um die Axe je eines Condylus, die aber für jeden eine andere ist und einem kleineren der des Condylus an der Bandscheibe um die senkrechte, die an beiden Condylen im entgegengesetzten Sinne geschieht: sie laufen daher in jedem kleinsten Theile ein wenig gegen den Rand hin abweichend neben jenen von der Bandscheibe entworfenen hin. Ebenso lassen sich manche andere Beobachtungen von Langer wohl deuten ohne Abwickelungen und Schrauben, wenn man sie als das nimmt, was sie sind, als Ausdruck combinirter Bewegungen; so die Projectionen der Lagen der sogenannten Contactlinien auf den medialen Condylus in dem Schema in Fig. 6. Sie drücken beinahe richtig, da ihre gegenseitige Lage natürlich vorherrschend durch die Bewegung um die Axe des Condylus bestimmt ist, die Lagen einer Erzeugungslinie des Condylus aus, nur sind sie durch die Drehung zwischen Tibia und Bandscheibe, die sie auch ausdrücken, dergestalt mit den divergirenden Enden gegeneinander, mit den convergirenden auseinander gedreht (daher denn auch die hinteren offenbar länger sind als die vorderen, weil sie nicht so rein quer von einem Rande zum andern liegen), dass die letzteren sich nicht genau in Einem Punkte der Spitze des Kegels, sondern nur auf einer Curve, wie Langer angiebt, schneiden können. Ebenso ist endlich auch das zuletzt sehr annähernd richtig, dass bei der Art, wie sich die Einzelbewegungen in der Beugung und Streckung combiniren, einzelne Punkte der Condylen Wege beschreiben, die man Spiralen nennen kann, die aber nur herauskommen durch das Zusammentreten von zwei reinen Drehungen um verschiedene Axen. Langer hat also hier auf dem möglichst schwierigen Wege

manches sehr richtig gefunden, was sich, wenn man zuerst die einfachen Elemente untersucht, die es bedingen, von selbst ergiebt. Es ist hier der Fall eingetreten, von dem ich oben sagte, man könne sich denken, dass er auch bei der Analyse des Kiefergelenks hätte eintreten können, dass nämlich die combinirte Bewegung annähernd richtiger wenigstens noch als dort durch directe Beobachtung erkannt ist. Man wird aber auch hier nicht verkennen, dass dies nicht der Weg war, um zu einem leichten und vollständigen Verständniss des Mechanismus zu kommen, gerade, wie es beim Kiefergelenk gewiss schwieriger gewesen wäre aus den von einzelnen Punkten des Unterkiefers beim Oeffnen und Schliessen des Mundes zurückgelegten Wegen auf den Mechanismus der Gelenke schliessen zu wollen, wie es Langer beim Knie aus denen des Oberschenkels gethan hat. Ja er hätte im Princip nichts ungeschickteres versucht, wenn er hätte aus der Spirale, die, wie er gezeigt hat, die Hand im Horizont durchmessen kann, rückwärts den Mechanismus der Gelenke der oberen Extremität construiren wollen.

Es ist nach diesen kritischen Betrachtungen nicht mehr nöthig ausführlich den Standpunkt zu bezeichnen, von dem aus es mir nicht nur möglich, sondern sogar einzig natürlich erscheint auch den Mechanismus des Kniegelenks mit Zugrundelegung des für alle andere angenommenen Grundprincips des Schleifens congruenter Berührungsflächen zu erklären. Es versteht sich ebenso von selbst, wie dabei in Folge des Einflusses, welchen die Veränderlichkeit der Form der Bandscheiben auf den ganzen Zusammenhang hat, hier die Ansprüche an absolut genaue Durchführung desselben herabgesetzt werden müssen. Ich werde mich daher mehrfach mit einer angenäherten Bestimmung der Gesetze begnügen, statt illusorischer Feinheiten, die zu den biegsamen Grundbedingungen des Ganzen nicht im Verhältniss stehen. Ganz analog wie beim Kiefergelenk gehe ich zunächst von der Analyse der einzelnen Articulationen, soweit sie sich durchführen lässt, aus, wobei das schon gelegentlich anticipirte über ihr Eingreifen in die Gesammtbewegung genügen wird um die Beziehung auf diese schon vorläufig mit berücksichtigen zu können; es wird dann leicht sein endlich wieder die combinirten Bewegungen aus den einfachen zusammenzusetzen. Die Anordnung der vier einfachen Articulationen ist ähnlich wie beim Kiefergelenk, indem die beiden oberen und die beiden unteren zwar nicht wie dort ganz symmetrisch, aber doch sehr analog gebildet sich im Wesentlichen gemeinsam betrachten

lassen. Besonders zu berücksichtigen ist dann ausser ihren Differenzen nur noch bei oberen und bei unteren die theilweise directe Knochenberührung.

Bewegungen der einzelnen Articulationen.

Der Typus der oberen Articulationen, die ich als die für die Hauptbewegung bestimmenden zuerst betrachte, spricht sich am einfachsten in der lateralen aus, die ich deshalb zunächst der Betrachtung zu Grunde lege. Um den Gang der Bewegung zwischen der Bandscheibe und dem Condylus und die denselben bedingende Form des letzteren zu bestimmen, ist es nöthig den Weg zu bestimmen, den ein Punkt an dem in seiner Form am wenigsten veränderlichen Theile der Bandscheibe auf dem Condylus durchläuft. Der festeste Theil der Bandscheibe ist ihr hinterer Rand. In diesen kann man daher besonders gut Nadeln so befestigen, dass sie, wenn man sie bei der Beugung und Streckung ein wenig andrückt, grosse deutliche Spurlinien auf dem hinteren Umfange der Condylen einritzen (vgl. Fig. 14). Diese laufen den Rändern der Condylen entsprechend so von hinten nach vorn über sie hin, dass sie von unten angesehen ein wenig concav gegen die Incisur hin gebogen sind, in Ebenen also, die nach oben convergiren. Aus diesen Ebenen weichen sie namentlich am lateralen Condylus nur so wenig (mit dem vorderen Ende) ab, dass man Durchschnitte durch denselben legen kann, welche eine solche Linie so gut wie vollständig enthalten und in ihr das Profil der Krümmung der Berührungsfläche, welche für die Bewegung der Articulation bestimmend ist, darstellen. Dieses zeigt sich hinreichend rein als Kreisabschnitt um daraus die Form der Berührungsfläche als Rotationsfläche ableiten zu können. Kleine Abweichungen, wie sie bei allen Gelenken vorkommen, und namentlich einer Bandscheibe gegenüber doppelt zulässig sind, erscheinen wohl hier in Folge der grösseren Dimensionen etwas auffallender als an anderen Gelenkköpfen; aber eine constante beträchtliche Veränderung der Krümmung ist vom hintersten Ende bis an die bekannte Hemmungsfacette, an welcher der vordere Rand der Bandscheibe bei vollendeter Streckungsdrehung anstösst, nicht zu bemerken. Man kann leicht den Mittelpunkt des Kreisabschnittes aufsuchen und ein in ihm auf der Schnittebene errichtetes Loth stellt so genau, wie überhaupt möglich die Axe der Bewegung zwischen Bandscheibe und Condylus, die Axe der Rotationsfläche dar. Sie kann in dem seitlichen Segmente durch einen zweiten senkrecht zum ersten geführten Schnitt aufgesucht

werden und tritt hier auf der Ecke des Epicondylus aus dem Knochen. Von da aus convergirt sie mit der Erzeugungslinie gegen die Incisura intercondyloidea hin und hier trifft sie dann auch mit der des medialen Condylus zusammen.

Die analoge Aufsuchung der letzteren ist mehr nur annähernd, da wegen der schon mehrerwähnten Veränderung, welche die Krümmung desselben gegen sein vorderes Ende hin erleidet die Spurlinien, indem sich die Richtung der Axe ändert, nicht in Einer Ebene bleiben, daher man keinen Durchschnitt machen kann, der eine solche ganz enthielte und demgemäss alle Stücke der Krümmung senkrecht zu ihrer Axe, oder, was dasselbe, an allen Stellen denselben Punkt der Erzeugungslinie träfe. Ein möglichst nahezu vollständig durch eine Spurlinie gelegter Schnitt liefert stets ein Profil, dessen Krümmung einer Spirale nicht unähnlich gegen sein vorderes Ende schwächer (mit grösserem Radius beschrieben) wird, da er hier bei dem lateralen Ablenken der Ränder nothwendig Theile der Erzeugungslinie trifft, die dem freien medialen Rande näher liegen, und also, da sie gegen diesen hin mit der Axe divergirt, in grösserem Abstande von derselben sich um sie herumdrehen, ähnlich, wie dies bei beiden Condylen natürlich der Fall sein muss, wenn die Schnitte rein sagittal geführt werden und also für keinen Theil der Krümmung senkrecht auf der Axe derselben stehen. Sieht man nun aber von diesem besonders stark abweichenden vorderen Theile des Profiles zunächst ab, so kann man auch hier noch ganz annähernd genau die Axe ebenso wie beim lateralen Condylus aufsuchen; ihre Lage ist ganz analog. Man kann auf diese Weise beide Condylenaxen durch Stifte darstellen, die in jene Schnittebenen senkrecht zu ihnen in den Krümmungsmittelpunkt ihrer Profile eingesteckt werden (vgl. Fig. 15). Sie sind etwa in gleichem Grade aber in entgegengesetztem Sinne gegen den Horizont geneigt, treten beide aus der Höhe des Epicondylus aus, wo die meisten Fasern der Lateralbänder entspringen, und convergiren gegen die Tiefe der Incisura intercondyloidea, wo die Ligg. cruciata entspringen. Eine durch beide gelegte Ebene ist annähernd frontal bei gewöhnlicher aufrechter Körperstellung ziemlich genau senkrecht zur Medianebene, aber mit ihrem oberen Ende etwas vorgeneigt. Ein Durchschnitt durch eine Axe giebt die abwärts convexe Erzeugungslinie, die mit der Axe convergirt, so dass der Vergleich mit Kegeln nicht unpassend ist. Da sie aber ausserdem doch auch in transversaler Richtung annähernd kreisförmig gebogen sind, so ist immer auch eine kleine Nebendrehung um die sagittale

Axe möglich. Alles dies kann man übrigens beinahe vollständig schon aus dem einfachen Anblick der Knochenformen schliessen, da doch offenbar die Ränder der Condylenflächen, welche selbst den Weg bezeichnen, den der am meisten in transversaler Richtung vorragende Punkt des freien Randes je einer Bandscheibe am Condylus zurücklegt, also natürliche Ganglinien der Bandscheiben sind, nicht in sagittalen, sondern in nach oben convergirenden Ebenen liegen ebenso, wie die mit ihnen und also auch mit der Gangrichtung parallel verlaufenden der Incisura intercondyloidea zugekehrten. Demnach ist also die Bewegung einer jeden Bandscheibe auf dem Condylus, wenn man noch von dem letzten Ende derselben an der Grenze der Streckung absieht, reine Drehung um eine der beschriebenen schiefen Axen; man kann sie nahezu genau zerlegen in einen grösseren Antheil von Drehung um eine quere, einen kleineren um eine senkrechte, die sich in der Tiefe der Incisura intercondyloidea schneiden, wozu denn freilich immer noch ein kleiner um die sagittale kommt. Von diesen beiden Theilen geschieht der erstere bei Beugung und Streckung des ganzen Gelenkes auf beiden Seiten in demselben, der letztere im entgegengesetzten Sinne.

Es erübrigt nun noch die schon mehrfach erwähnte Abweichung von diesem einfachen Gange zu berücksichtigen, die erfolgt, wenn die Bandscheiben mit dem vordersten Theile der Condylen in Contact sind und die sich am deutlichsten in der Form des medialen Condylus ausspricht. Von dieser habe ich bereits bei der Kritik der Erklärung, welche Langer davon gegeben hat, hinreichend erörtert, wie sie nicht als Schraubenwindung, sondern als Krümmungsveränderung durch Richtungsänderung der Axe anzusehen ist. Die Axe wird allmälig (zuweilen, wie schon erwähnt, auch ziemlich plötzlich) mehr und mehr mit dem medialen Ende nach oben, wohl auch noch etwas mehr nach vorn hingerichtet; die Ränder der Gelenkfläche und die Spurlinien werden mehr und mehr gegen die Incisur hin concav gekrümmt (vgl. Fig. 13); mehr und mehr wird der Drehungsantheil um die senkrechte Axe ausgesprochen. Dass dies schon nicht mehr ganz in das strenge Gesetz des Schleifens congruenter Berührungsflächen passt, ist klar, da bei diesen die Axe immer dieselbe bleiben muss; ebenso klar ist aber auch, dass es in die Grenzen der kleinen Ungenauigkeiten fällt, die hier als zulässig gelten können. Dies wird auch dadurch nicht ausgeschlossen, dass hier häufig nicht nur die Bandscheibe und eine kleine ihr angrenzende Contactstelle der Knochen, sondern die ganze durch

die grosse Oeffnung der medialen Bandscheibe hindurch dem Femur direct gegenüberstehende Gelenkfläche der Tibia die Pfanne bildet, welche über dem Condylus gleitend bewegt wird. Es geschieht dies, wie schon angedeutet, wenn, wie das häufig geschieht, dies letzte der äussersten Streckung angrenzende Stück der Bewegung ausgeführt wird ohne die den um die senkrechte Axe drehenden. Effect compensirende Mitbewegung der medialen unteren Articulation, indem vielmehr die Bandscheibe ruhig an dem vorderen Rande der Tibiagelenkfläche stehn bleibt, und wenn in Folge dessen dieser rotatorische Effect der Bewegung der medialen oberen Articulation sich, wie Meyer beobachtet hat, am Schlusse der Streckung in Folge dessen wirklich geltend macht. Es fragt sich nun nur, wie sich dabei der laterale Condylus verhält. Zwar ist zunächst schon aus den oben in diesem Sinne umgedeuteten Beobachtungen von Langer klar, dass nun die laterale untere Articulation um so mehr den entgegengesetzten rotatorischen Effect der Bewegung der oberen auf ihrer Seite compensirt oder übercompensirt. Doch erklärt dies nicht allein das namentlich in einzelnen zum genu valgum hinreichenden Fällen sehr auffallende Hervortreten der Rotation der Fusspitze nach der Seite am Schlusse der Streckung, sondern es zeigen auch die von der Bandscheibe aus entworfenen Spurlinien auf dem lateralen Condylus selbst an ihrem vorderen Ende eine kleine Abweichung nach der Seite, während sie vorher sich denen des medialen näherten, mit denen sie nun mehr in eine Richtung kommen (vgl. Fig. 16. Es erscheint aber hier diese Ablenkung etwas zu stark, die entsprechende Krümmung der Spurlinien auf dem medialen Condylus dagegen etwas zu schwach, weil sich der vordere Theil der Bandscheiben, von dem aus sie entworfen sind, am Ende der Streckung etwas gegen die freien Ränder der Condylen hinspannt). In dem Stadium der Bewegung, das sich hierin ausspricht ist eigentlich die wesentlich eigenthümliche Bewegung der lateralen oberen Articulation bereits erschöpft d. h. der vordere Rand der Bandscheibe mit der Hemmungsfacette in Contact gekommen, mit der die Gelenkfläche, auf welcher sie hingleitet, gegen die der Patella entsprechende abschliesst. Diese Facette selbst aber liegt nahezu in der Richtung des vorderen Endes der Gangrichtung der medialen oberen Articulation. An ihr hin kann also dann dieser entsprechend der Rand der Bandscheibe noch etwas lateralwärts verschoben werden. Es tritt hier, wie beim Sprunggelenk am Schlusse der Streckung (Plantarflexion), der Fall ein, dass, wenn die eigentliche Hauptbewegung durch Contact

von Hemmungsflächen geschlossen ist, noch eine kleine von ihr verschiedene Seitenbewegung dieser an einander stattfinden kann. Die Bandscheibe gleitet dann noch ein wenig der transversalen Krümmung (der Krümmung der Erzeugungslinie) des Condylus entsprechend seitwärts über denselben hin. Dies ist auch dadurch erleichtert, dass sein freier lateraler Rand da, wo er an den der Patellarolle und zugleich an die Hemmungsfacette stösst, regelmässig ein wenig abgerundet erscheint (vgl. Fig. 13). Es scheint aber ausnahmsweise und zwar in Fällen, wo die seitliche Ablenkung am medialen Condylus auch besonders auffallend entwickelt ist, wie die schon citirte Abbildung von Langer Fig. 3. zeigt, auch vorzukommen, dass ein kleines Stück der Krümmung des lateralen Condylus selbst mit seinen beiden parallelen Rändern dem medialen folgend seitwärts ablenkt [1]). Dies ist natürlich auch nur möglich einer etwas veränderlichen Pfanne gegenüber und hier daher vorzugsweise leicht, da in der lateralen Hälfte des Gelenkes, wo die Bandscheibe viel entwickelter ist, so gut wie keine Betheiligung der Tibia an der Bildung der Pfanne neben derselben, auch wenn sie ganz nach vorn gerückt ist, vorkommt. Immer ist aber dies seitwärts gebogene Stück der Krümmung ebenso wie auch, wo es ganz fehlt, das entsprechende Stück der Spurlinie hier ohne Vergleich kleiner als am medialen Condylus, der in Folge dessen, wie Meyer angiebt, ein beträchtliches Stück länger ist als der laterale, weil die Axe, die hier für beide bestimmend wird, indem sie sich lateralwärts senkt, in dem lateralen der Oberfläche viel näher kommt.

Es ist sehr plausibel, dass, wie die Notizen bei Langer bestätigen, diese Eigenthümlichkeiten im vordersten Theile der Condylenkrümmung, der Bewegungsbahn der Bandscheiben in höherem Grade ausgebildet das genu valgum bedingen. Denn bei diesem versteckt sich der freie laterale Rand des lateralen Condylus in der Tiefe des Gelenks; der mediale des medialen aber steht mit seinem vorderen schiefen Theile über dem entsprechenden der Tibia, mit dem erhobenen hinteren nach hinten. In der Beugung, wo diese Verhältnisse keinen Einfluss haben, beide Articulationen sich mehr analog verhalten, steht auch ein genu valgum ganz wie ein gesundes.

[1]) Das Extrem dieses Ueberganges der Schiefheit auch des lateralen Condylus in die des medialen zeigt das Knie des Pferdes, in dem auch seine Axe in der ganzen Krümmung seitwärts geneigt ist. Dabei sind dann natürlich auch die compensirenden Bewegungen andere.

Die oberen Articulationen sind, wie zum Theil schon angedeutet, nach beiden Seiten sehr entschieden durch Contact von Hemmungsflächen geschlossen. Dass nicht eine bis zum unüberwindlichen gesteigerte Spannung der Bänder für die Hemmung bestimmend ist, beweist schon deren Plötzlichkeit. Denn die Bänder müssten doch schon, ehe sie ganz unnachgiebig werden, durch allmälig vermehrte Anspannung der ihren Extremen sich nähernden Bewegung hinderlich werden. Der Spielraum derselben schliesst sich aber, ohne dass sie vorher schon weniger frei würde, sehr bestimmt ab in dem Moment, wo bei Streckung die vorderen Ränder der Bandscheiben an die über den Condylus vorspringenden Leisten der Knorpelfläche sich anlegen, jenseits deren die Gelenkfläche für die Patella beginnt, bei Beugung die hinteren an die rechtwinklig aus dem Ende des Condylus hervorgehende Hinterfläche des Oberschenkelschaftes.

Die Bewegung der unteren Articulationen zwischen den Bandscheiben und der Tibia ist ebenso wie die der oberen ziemlich analog auf beiden Seiten des Gelenks und auch an sich ganz einfach, wie jene, gleichgültig ob sie zur Rotation, die fast einzig in ihnen ihren Sitz hat, oder als Bestandtheil der Hauptbewegung, der Beugung und Streckung zur Anwendung kommt. Ich will sie, wie ich es bei den einfachen Bewegungen der einzelnen Articulationen des Kiefergelenks gethan habe, nach der Art, wie sie in der letzteren als der typischen Combination auftreten, Beugungs- und Streckungsdrehung nennen, obgleich dann für beide Articulationen die Drehung in demselben Sinne die entgegengesetzte Bezeichnung erhält. Die Bewegung ist nämlich im Allgemeinen für jede Bandscheibe, wenn man auch hier zunächst diese als bewegten Theil ansieht, eine Drehung um eine senkrechte Axe, die für beide etwa in die Eminentia intercondyloidea fällt. Sie erfolgt aber bei Rotation, wo die unteren Articulationen fast allein wirksam sind, wo sie also sich am freisten geltend macht, in beiden in demselben Sinne; denn die eine Bandscheibe geht dann vorwärts, die andere rückwärts. Bei der Beugung und Streckung dagegen, wo sie nur compensirend für die Differenzen der beiden oberen eintritt, im entgegengesetzten Sinne; denn beide Bandscheiben gehen dann entweder vorwärts oder rückwärts. Ich nenne nun also für beide diejenige Drehung, durch welche sie vorrücken, Streckungsdrehung, obgleich sie in beiden eine Drehung um die senkrechte Axe im entgegengesetzten Sinne ist (im linken Knie für die laterale um die obere für die mediale um die untere Halbaxe), diejenige durch welche sie zurückrücken Beugungsdrehung, weil sie auf beiden Seiten bei der Beugung

des ganzen Gelenks erfolgt. In der medialen Articulation ist es die Beugungsdrehung, in der lateralen die Streckungsdrehung, die geschieht, wenn beide zur Rotation der Fussspitze nach der Seite zusammenwirken.

Die nähere Bestimmung nun dieser Bewegungen ist noch viel weniger absolut genau möglich als an den oberen Articulationen, trotzdem aber hinreichend annähernd zur Herstellung ihrer Bedeutung für den Zusammenhang des Ganzen. Die Gelenkflächen der Tibia lassen den Charakter der auf ihnen möglichen Verschiebungen der Bandscheiben fast nur in der Biegung ihres Randes deutlich erkennen. Die ganzen Flächen erscheinen im Allgemeinen als an den Ecken abgerundete Sectoren von Kreisen, deren Mittelpunkte in der Eminentia intercondyloidea liegen, die Ränder als Bogenstücke derselben. Ihnen entlang bewegen sich Punkte des dicken Randes der Bandscheiben; sie sind natürliche Ganglinien für die unteren Articulationen, wie die der Condylen für die oberen. Ebenen durch sie gelegt, die beiläufig horizontal sind und zusammenfallen, stehen senkrecht zur Axe der Bewegung, die also im Allgemeinen als senkrecht angenommen werden kann. Genauere Bestimmungen aus der Form der Gelenkflächen selbst und künstlich auf sie projicirter Spuren der Bewegung abzuleiten ist nicht thunlich, einmal weil die letzteren, da sich, so lange das ganze Gelenk noch im Zusammenhang ist, nicht gut Nadeln steil genug gegen die Tibiafläche in die Bandscheiben befestigen lassen, nicht wohl scharf gezeichnet gewonnen werden können, und jedenfalls auch zu kurz ausfallen um ein deutliches Bild ihrer Krümmung zu geben, wenn man nicht, wie Langer, den Spielraum der Bewegung überschreiten will, womit natürlich jede Genauigkeit von selbst wegfällt; dann aber namentlich weil, wenn die Gelenkflächen der Bewegung entsprechend als entstanden durch Rotation einer Linie um eine senkrechte Axe gedacht werden können, doch diese Erzeugungslinie der Fläche so nahezu vollständig senkrecht auf der Axe steht, dass es nicht möglich ist durch den Weg eines ihrer Punkte einen zur Axe senkrechten Schnitt zu legen. Namentlich die mediale Gelenkfläche fällt in ihrem hier allein in Betracht kommenden Theile dem marginalen Streifen, auf dem die Bandscheibe sich congruent schleifend bewegt, so vollständig mit einer horizontalen Ebene zusammen, dass sie, eben nur mit Beziehung auf die Form ihrer Contour als specieller Fall von Rotationsfläche gefasst werden muss, wie dies ja bei einer Ebene immer möglich ist. Dass der der Eminentia intercondyloidea zugekehrte Theil, insbesondere von diesem wieder der vordere der Krüm-

mung des Condylus entsprechend etwas ausgehöhlt ist, hat für die Bewegung der unteren Articulation keine Bedeutung, da sich zu ihr der Contact zwischen ihm und dem Condylus nur als Hemmung der Streckungsdrehung verhält, während er, wenn diese eingetreten ist, an der Bewegung der oberen, wie oben gezeigt, noch schleifend Theil nehmen kann. An der lateralen Gelenkfläche dagegen spricht sich, wie überhaupt die laterale untere Articulation die bei weitem ausgebildetere ist, schon in ihrer Krümmungsform doch etwas deutlicher der Charakter der auf ihr möglichen Drehung aus. Hier ist der Streifen, den die Bandscheibe einnimmt, viel breiter und nur ein kleinerer Theil des Abhanges der Eminentia steht am Schlusse der Strekungsdrehung direct mit dem Femur in Contact, während sie ausserdem (abgesehen von der dem Rande der Bandscheibe angrenzenden Contactstelle) von einander klaffen. Dann ist aber auch hier die Erzeugungslinie in grösserer Ausdehnung gegen die Eminentia hin etwas ansteigend und also nicht ganz senkrecht zur Axe (zumal da diese, wie sich nachher zeigen wird, selbst auch mit ihrem unteren Ende etwas seitwärts gerichtet ist), daher denn auch schon H. Meyer diese Fläche ganz gut als Theil eines flachen Kegels mit der Spitze in der Eminentia charakterisirt hat, um dessen Axe sich die Bandscheibe bei der Rotation bewegt. An beiden Gelenkflächen der Tibia fällt endlich und namentlich an der lateralen die verstärkte Abschüssigkeit des hinteren Randes nach hinten auf, die, wie oben erwähnt, Langer zu der Annahme schraubiger Abweichungen veranlasst hat, die doch in den Zusammenhang des Ganzen gar nicht passen. Es wird sich im Folgenden zeigen, wie sie sich auch hier passender erklären lassen.

Man kann nun nämlich noch, abgesehen von der Form der Knochenflächen, den Charakter der Bewegung zwischen den Bandscheiben und der Tibia dadurch deutlicher und etwas genauer zur Anschauung bringen, dass man bei fixirter Tibia Bewegungen ausführt, nachdem man in die Bandscheiben Nadeln als Zeiger derselben fixirt hat. Auch diese Bestimmung darf freilich von vorn herein nicht mit den Ansprüchen illusorischer Feinheiten aufgenommen werden. Sie ist ebenfalls nur annähernd, da sich ja im Kleinen auch die Form der Bandscheiben selbst immer etwas ändert und die kleinsten Spannungsdifferenzen ihrer Fasern, zwischen denen die Nadeln stecken, bewegend auf diese mit einwirken. Es genügt aber doch, wenn man namentlich auch hier sich an den festesten Theil der Bandscheiben, ihren hinteren Rand,

hält, die Beobachtung der Bewegung der hier fixirten Nadeln, zumal wenn man von den kleinen Stössen, die sie gewöhnlich im Beginn einer neuen Bewegung durch das festere Andrängen der Knochen erhalten, absieht, zur Erkenntniss des Characters der Bewegung der unteren Articulationen überhaupt, soweit sie gesetzmässig als reine Totalbewegung eines in sich festen Körpers aufgefasst werden kann. Es ist dabei an sich gleichgültig, ob man die Bewegungen in der Art combinirt ausführt, wie sie als Drehung um die Axe in demselben Sinne in beiden Articulationen die Rotation bedingen, oder in ihrer Verbindung mit Beugung und Streckung der oberen Articulationen; denn an sich sind sie in beiden Fällen ganz gleich. Leichter und vollständiger übersieht man sie aber doch in mancher Beziehung, wenn man nur bei etwa unter rechtem Winkel gebeugtem Oberschenkel diesen einfach in einer zum Durchmesser der Tibia senkrechten Ebene möglichst weit hin und her bewegt, weil man dann die Bewegungen der beiden Bandscheiben abwechselnd auch ganz bis ans hintere etwas eigenthümliche Ende ihrer Bahn bringen kann, ohne sich die Nadeln durch den Oberschenkel zu verdecken.

Sieht man nun in beiden Fällen die Bewegungen zunächst in der Richtung des Längsdurchmessers der Tibia an, so erkennt man deutlich den Hauptcharakter der Bewegung, die Drehung um die senkrechte Axe. Ragen die Nadeln horizontal nach hinten hervor, so nähern sich ihre freien Enden bei Beugung und entfernen sich von einander bei Streckung; bei Rotation, also bei Drehung beider Bandscheiben in demselben Sinne, oder Beugungsdrehung der einen und Streckungsdrehung der anderen, gehen beide nach derselben Seite herum. Doch ist die Bewegung der lateralen Bandscheibe immer weit ausgiebiger. Sieht man nun aber die Bewegung der Nadeln von der Seite an, so bemerkt man ausser der Drehung um die senkrechte Axe noch einen Antheil von Drehung um die quere, wodurch auch die unteren Articulationen noch etwas zum Effect der Beugung und Streckung beitragen. Denn die freien Enden der Nadeln bewegen sich bei Beugung abwärts, bei Streckung aufwärts. Doch ist dieser Ausschlag der Bewegung weit geringer als der in horizontaler Richtung aber wieder auch viel bedeutender an der lateralen Bandscheibe. Er vertheilt sich aber nicht gleichmässig auf die ganze Bewegungsbahn, sondern wird verhältnissmässig viel stärker gegen das Ende der Beugungsdrehung. Dieses ist es besonders, was man, wie oben angedeutet, leichter und vollständiger beobachtet, wenn man die beiden Articulationen durch Rotation

in demselben Sinne um die senkrechte Axe dreht, wobei dann natürlich der Antheil von Drehung um die Queraxe in beiden entgegengesetzt erfolgt, da er bei Beugung und Streckung in beiden in gleichem Sinne geschieht. Bewegt man den rechtwinklig gegen den fixirten Unterschenkel gehaltenen Oberschenkel seitwärts (also gerade so, wie wenn die Fussspitze seitwärts gerichtet würde), so geht das Ende der Nadel, die in der lateralen Bandscheibe steckt, welche sich dann vorwärts, also in Streckungsdrehung bewegt, aufwärts, das der in der medialen fixirten namentlich am Schlusse entschieden abwärts; ebenso aber noch entschiedener das der lateralen bei der entgegengesetzten Rotation. Die Axen der unteren Articulationen weichen also, wie die der oberen von der queren zur senkrechten, so von der senkrechten zur queren Richtung ein wenig ab und zwar beide in entgegengesetztem Sinne, die der lateralen Articulation seitwärts, die der medialen medianwärts mit dem unteren Ende und zwar nimmt diese Abweichung zu gegen die Beugung, wie jene Neigung der oberen gegen den Horizont an der medialen nach Seiten der Streckung. Hier ist es aber die laterale, an der dies deutlicher ausgesprochen ist.

Darauf bezieht sich nun offenbar die stärkere Abschüssigkeit der Gelenkflächen am hinteren Rande, in der also der Sagittalschnitt auch ein wenig, wie der der Condylen, convex wird, welche dagegen auf Langer auch hier den Eindruck von Schrauben gemacht hat. Es fragt sich nun nur, wie sich der vordere Theil der Bandscheiben verhält, wenn der hintere die stärkere Drehung auch um die Queraxe am Schlusse der Beugungsdrehung macht. Denn, da der Umfang der Bandscheibe überhaupt nicht viel kleiner ist, als der der Tibiagelenkfläche, so kommt natürlich ihr vorderer Theil niemals auf die hintere abschüssige Stelle. Er macht demnach jene letzte stärkere Drehung um die Queraxe nicht mit und wird nun also gegen den hinteren so um die Queraxe geknickt, dass die Pfanne, welche die Bandscheibe nach oben für den Condylus bildet nothwendiger flacher werden müsste, wenn er nicht gleichzeitig von seinen vorderen Befestigungen aus sich soviel mehr gerade gegen den hinteren hinspannte und vom freien Rande der Tibia weggespannt würde, dass nun zugleich, wie Robert bereits durch Messungen constatirt hat, am Schlusse der Beugungsdrehung der sagittale Durchmesser der ganzen Apertur der Bandscheibe etwas kürzer und damit ihre Aushöhlung wieder im Gegensatze zu jener Knickung tiefer wird, und also dieselbe compensirt, indem sich gleichsam

die ganze Bandscheibe gegen den hinteren Rand der Gelenkflächen auf einen etwas kleineren Theil von der des Condylus zusammenschiebt.

Viel auffallender wird die Schiefheit der Axen der unteren Articulationen, durch welche sie mit zum Effect der Beugung und Streckung beitragen, bei den Kniegelenken vieler Säugethiere, die man gewiss natürlicher hier zur Vergleichung herbeiziehen kann, als die Tarsometatarsalgelenke des Marabu. Die ganzen Gelenkflächen der Tibia werden dann wie die des Femur, wenn auch natürlich nicht so stark, von hinten nach vorn convex, so dass hier ein reiner Sagittalschnitt ähnlich wie am Kiefergelenk zwei einander mit ihrer Convexität zugekehrte Gelenkköpfe über einander zeigen würde, die freilich keineswegs ganz senkrecht zu ihren Axen von ihm getroffen wären. Es wird dann mehr und mehr der Winkel, den auch die beiden unteren Axen mit einander bilden, so gross, dass die laterale annähernd in Eine Richtung mit der oberen medialen kommt, und umgekehrt.

Geschlossen sind die unteren Articulationen nur auf Seiten der Streckungsdrehung direct durch Contact von Flächen, die sich nicht im Sinne ihrer Bewegung an einander verschieben können. Denn, wie schon erwähnt, kommt am Schlusse der Bewegung der Bandscheibe nach vorn der in ihr ruhende Condylus, namentlich der mediale, in ausgedehnte Berührung mit dem vorderen Theile des Abhanges der Eminentia intercondyloidea, an dem er sich dann nur noch um seine eigene Axe (also zugleich gegen die Bandscheibe) gleitend bewegen kann. Es wird also bei Rotation auf einer, bei Streckung auf beiden Seiten des Condylus durch die Drehung der Pfanne, in welcher er ruht, um die senkrechte Axe gegen den Vorsprung auf der Tibia hingeführt. Das letztere ist ein scheinbarer Widerspruch, insofern beide an demselben Knochen festsitzende Condylen dann einander entgegen der Eminentia intercondyloidea sich nähern müssen. Sie kommen ja aber auch bei dieser Art der Combination durch die gleichzeitige Drehung um ihre Axe mit ihrem vorderen Theile auf die Pfanne und über die Tibia zu stehen, an welchem ihre der Incisur zugekehrten Ränder sich am meisten nähern. Diese aber sind es, die durch ihr Anstemmen an der Tibia die Bewegung der Bandscheibe gegen die letztere hemmen, wie das Anstemmen der Hinterfläche des Gelenkkopfes des Unterkiefers an der vorderen Wand des knöchernen Gehörganges die Schliessungsdrehung zwischen Bandscheibe und Schädel hemmt. Die Grenze der Beugungsdrehung zwischen Bandscheibe und Tibia ist nicht

so unmittelbar durch Contact am hinteren Rande der Articulationen geschlossen. Hier stellt sich dem Vorschreiten der Bandscheibe auf dem abschüssigen Theile der Gelenkfläche, die in die Hinterfläche der Tibia ebenso allmälig übergeht, wie etwa die des Unterkieferkopfes in die des Halses, kein ihre Bewegung hemmender Vorsprung entgegen. Es wird daher die Bewegung nach dieser Seite nur dadurch auch in bestimmte Grenzen eingeschlossen, dass sie nur in bestimmter Combination mit anderen auftreten kann, denen eine scharf begrenzte Hemmung nicht fehlt. Entweder combinirt sie sich bei Rotation mit der entgegengesetzten, die, wie soeben entwickelt, geschlossen ist, in der nebenliegenden Articulation oder bei extremer Beugung mit Beugungsdrehung beider oberen Articulationen, die sich sehr entschieden abschliesst, womit dann wieder auch die der unteren aufhören muss, da sie allein nicht auf beiden Seiten erfolgen kann.

Combinirte Bewegungen.

Die Art, wie die bisher erörterten einfachen Bewegungen der einzelnen Articulationen combinirt auftreten, hat schon bisher, namentlich bei der Kritik der früheren Erklärungsversuche, die sämmtlich von combinirten Bewegungen ausgiengen, so vielfach mit in Betracht gezogen werden müssen, dass es nur noch erübrigt die möglichen Combinationen jetzt aus ihrem Elemente wieder entstehen zu lassen, um zu zeigen, dass sie so am leichtesten verständlich werden. Fasst man zuerst das Resultat der Einzelbewegungen noch einmal kurz zusammen, so ergiebt Streckungsdrehung der oberen Articulationen hauptsächlich Streckung, Drehung um die Queraxe, daneben aber etwas Rotation des Oberschenkels oder der Fussspitze in horizontalen Ebenen, die der medialen nach der Seite hin, die der lateralen nach der Mitte aber weniger, Beugungsdrehung das umgekehrte, Streckungsdrehung der unteren nur wenig Streckung aber Rotation der Fussspitze oder des Oberschenkels in der medialen nach der Mitte, in der lateralen nach der Seite und zwar das letztere bei weitem ausgiebiger. Es braucht kaum noch besonders hervorgehoben zu werden, dass dieser Art den Effect der Bewegungen um die Axen der einzelnen Articulationen zu definiren selbst schon nur die annähernde Genauigkeit zukommt, mit der sich aus den im Eingang zu dieser ganzen Arbeit entwickelten Gründen die Definition solcher Bewegungen combinirter Gelenke mit elastischen Zwischengliedern überhaupt zu begnügen hat. Denn es ist klar, dass es genau genommen nicht ausreicht

die Drehung um eine einfache Axe durch zwei um zwei mit jener in Einer Ebene liegende auszudrücken, zumal bei einem so grossen Spielraum, wie der der oberen Articulationen ist; es müssten hier auch noch kleine Drehungen um die Sagittalaxe berücksichtigt werden, wenn die Zerlegung den Effect vollständig wiedergeben sollte. Solche kommen natürlich bei der Drehung auch heraus, wie das genu valgum zeigt, das ja nur ein Uebermass der Schlussdrehung um die schiefe Axe des medialen Condylus ist. Sie können aber ohne Schaden ignorirt werden, da sie sich nicht nur auch theilweise unter einander compensiren können, sondern namentlich auch durch Drehung zwischen Bandscheibe und Condylus entsprechend der nahezu auch kreisförmigen queren nach unten convexen Krümmung, die der Erzeugungslinie des Rotationskörpers zukommt, sowie dann auch durch Compression Dehnung und Torsion der Bandscheiben zu Stande kommen.

Was nun zunächst die typische Combination der Beugung und Streckung des ganzen Kniegelenkes betrifft, so ergiebt sich die Art, wie sie durch die Einzelbewegungen zusammengesetzt wird, schon aus der bisher gebrauchten Bezeichnung der letzteren. Sie erfolgt aus gemeinsamer Streckungs- oder Beugungsdrehung aller vier Articulationen. Als einfachsten Fall kann man, wie bei Oeffnung und Schliessung im Kiefergelenke, auch hier die Combination betrachten, in welcher alle Articulationen den ganzen Spielraum ihrer Bewegung gleichmässig in gleicher Zeit zurücklegen oder in kleineren Stücken gleiche Bruchtheile ihres ganzen Spielraumes. Da dieser selbst für die einzelnen sehr verschieden ist, fällt dann auch ihr Antheil an solchen Combinationen sehr ungleich aus. Der Haupteffect der Beugung und Streckung wird, hauptsächlich von den oberen Articulationen geliefert, die unteren geben nur einen sehr kleinen Beitrag und zwar hauptsächlich am Schlusse der Beugung; sie compensiren aber durch ihren Haupteffect, die Drehung um die senkrechte Axe, den entgegengesetzten rotatorischen Effect beider oberen, die mediale den der medialen, die laterale den der lateralen. Da aber ihr Spielraum sehr ungleich ist, so compensirt die mediale nicht ganz den die Fussspitze seitwärts rotirenden Effect der medialen oberen, während die laterale den der lateralen etwas mehr als compensirt, so dass also etwas Rotation nach der Seite übrig bleibt oder einfacher ausgedrückt in Folge des Ueberwiegens der medialen oberen und lateralen unteren Articulationen die Axe der resultirenden Bewegung zwischen Oberschenkel und Unterschenkel bei dieser Combination etwas

schief mit dem medialen Ende ansteigend bleibt. Dies kann, wie gesagt, ziemlich rein gleichmässig durch den ganzen Spielraum der Bewegung vertheilt sein, wenn man den bewegten Theil von vorn herein etwas danach dreht; so entsteht der hier angenommene Fall der Combination. Noch etwas mehr auffallend wird dies Vorwiegen der Rotation nach der Seite bei Streckung in der Combination, die Langer als mit Rotation combinirte Flexion bezeichnet; sie kommt, wie schon erwähnt, zu Stande, wenn der überhaupt kleine Spielraum der medialen unteren Articulation gar nicht mit benutzt wird, sondern diese ruhig in Streckungsdrehung, der Condylus in Contact mit der Eminentia intercondyloidea verharrt. Das gewöhnlichere aber und, was erfolgt, wenn man einfach bei fixirtem Oberschenkel an der Sehne des Qnadriceps zieht, während die Patella fest auf ihrer Rolle aufliegt, ist allerdings der von Meyer als normal hingestellte Hergang, wobei sich der rotatorische Effect hauptsächlich am Ende der Streckung zusammendrängt, indem die mediale untere Articulation beim Uebergang von Beugung zu Streckung ihren kleinen Spielraum früher als die anderen zurücklegt, den medialen Condylus schon, ehe sonst die Streckung zu Ende gebracht ist, an die Eminentia intercondyloidea hinführt, wo er sich dann weiterhin rein um seine eigene schiefe Axe dreht, während nun auf der lateralen Seite theils die untere Articulation jetzt erst recht zu spielen anfängt, theils auch die obere den Charakter ihrer Drehung, wie oben gezeigt, zuletzt etwas ändert. Dadurch wird beim Gehen der Rumpf unmittelbar, bevor er das völlig gestreckte Bein verlässt, ein wenig nach der Mitte, also nach der Seite, wo ihn dann das andere Bein stützt, herherumgedreht. Diese Combinationen sind aber offenbar nur einfachste Fälle der mannichfaltigsten quantitativen Variationen von Bewegung aller Articulationen gemeinsam im Sinne der Beugung oder Streckung.

Ganz anders wird dagegen das Verhältniss bei der unter dem Namen der Rotation bekannten Art der Combination der Bewegungen, bei der Bewegung um eine in der Tibia liegende senkrechte Axe der schliesslich hervortretende Effect ist. Zwar die Einzelbewegungen an sich sind keine anderen; aber es treten nun Beugungs- und Streckungsdrehungen zusammen, so dass sich ganz wie bei der Ränderbewegung der Handgelenke nun die Haupteffecte compensiren, dagegen die Nebeneffecte, die in der typischen Combination wegfielen, hervortreten. Daraus erklärt es sich denn auch ganz einfach, dass hier wie dort diese untergeordnete Bewegung in den Extremen der an-

deren mehr und mehr wegfällt, nur in deren Mittellage recht frei ist. Die unteren Articulationen spielen hier die Hauptrolle, die Streckungsdrehung der einen und die Oeffnungsdrehung der andern gaben (ganz wie die der oberen nur stärker) einen rotatorischen Effect in gleichem Sinne, dagegen muss nun hier der kleine Antheil von Drehung um die Queraxe, der doch auch in ihnen enthalten ist, durch entgegengesetzte Bewegung der oberen ausgeglichen werden und diese giebt dann wieder auch noch einen kleinen Beitrag zu dem rotatorischen Effect. Wird die Fussspitze möglichst ausgiebig von der Mitte nach der Seite rotirt, so kommt der Contact der medialen Bandscheibe auf der Tibia von der vordersten bis zur hintersten Grenze seines Spielraumes, wird also verlegt wie zur Beugung, der der lateralen wie zur Streckung. Dagegen geschieht gleichzeitig von den oberen Articulationen in der medialen eine kleine Streckungsdrehung, in der lateralen eine kleine Beugungsdrehung. Dies sieht man deutlich an den Verschiebungen des hinteren Randes der Bandscheiben auf dem Condylus, die sich mit jeder Rotation verbinden. Auffallender ist dies wieder bei Thieren, wo der stärkere Beugungs- und Streckungseffect der Drehung um die schieferen Axen der unteren Articulationen auch durch eine stärkere Streckungs- und Beugungsdrehung der oberen compensirt werden muss, die dann aber auch selbst mehr zur Rotation mit beiträgt, wo sich also mediale obere und laterale untere Articulation und umgekehrt noch mehr als beim Menschen in der Verbindung von Rotations- und Flexionseffect analog verhalten. Ich habe desshalb zur grösseren Deutlichkeit (und nicht etwa um dadurch den Beweis für meine Auffassung zu ergänzen, da dasselbe, wenn auch weniger stark, doch ebenso deutlich an jedem menschlichen Knie zu sehen ist) die verschiedene Stellung der Articulationen bei den extremen Rotationsstellungen und bei vollständiger Streckung vom rechten Kniegelenke eines Hundes in der Ansicht von hinten (in Fig. 18—20) zusammengestellt. Bei voller Streckung (Fig. 18) sieht man von allen vier Gelenkflächen hinten möglichst viel entblösst; denn auf allen steht der Contact der Bandscheiben in Streckung, so weit als möglich vorn. Ist bei etwa rechtwinkliger Beugung die Fussspitze (oder der Oberschenkel) möglichst nach der Mitte hin gedreht (Fig. 19), so sieht man noch ebenso viel von der medialen unteren, auch viel von der lateralen oberen, viel weniger von der medialen oberen und nichts von der lateralen unteren Gelenkfläche; bei der entgegengesetzten Rotation (Fig. 20) ist die mediale auf der Tibia ganz verdeckt

der laterale Condylus bis auf einem schmalen Streifen, der mediale dagegen liegt breit vor und die laterale Tibiafläche ebenso vollständig wie bei voller Streckung.

Es ist nach dieser Auffassung des Zustandekommens der Rotation durch Combination sehr klar, warum sie nicht von der äussersten Streckungsstellung aus beginnen kann. Denn, wenn alle Articulationen die äusserste sehr scharf durch Hemmung bestimmte Grenze ihrer Streckungsdrehung erreicht haben, wie das bei voller Streckung des ganzen Gelenkes der Fall ist, so kann sich nicht ein Theil von ihnen noch zu weiterer Streckungsdrehung in Bewegung setzen, wie das zu jeder Rotation erforderlich ist. Bei Beugung des ganzen Gelenkes dagegen pflegt der überhaupt nach dieser Seite nicht so scharf abgegrenzte Spielraum der unteren Articulationen noch nicht ganz erzchöpft zu sein, wenn die Ränder der Bandscheiben schon am Femur anstossen, daher in der äussersten Beugung immer noch etwas Rotation ohne merkliche Streckung möglich ist, wenn auch nie so ausgiebig wie bei rechtwinkliger Beugung. Dasselbe Verhältniss, durch welches die Rotation von der Flexion abhängig ist, indem sie nicht frei auftreten kann, wenn jene in einem Extrem verharrt, besteht auch umgekehrt; die Beugung und Streckung können auch nicht zu Stande kommen ohne dass die extremen Rotationsstellungen aufgegeben werden. In den Extremen ihrer Bahnen verhalten sich beide Combinationsarten ausschliessend, wie die beiden Combinationen der Bewegung der beiden Handgelenke, in den Zwischenstellungen dagegen können sie beliebig in einander übergehen.

Alle diese einander compensirenden gleitenden Verschiebungen fallen weg, wenn ein Kniegelenk vereitert und contract gewesen ist. Wird es dann gewaltsam wieder gestreckt, so geht dies auch nach dem Tode nicht so, dass sich die Tibia für sich wie im normalen Zustande mit der Bandscheibe wieder gleitend auf den vorderen Theil des Condylus vorschiebt, sondern es findet dann wirklich nur ein Rollen statt, durch welches beide Knochenoberflächen hinten von einander klaffen, während sie sich vorn aneinander stemmen (Fig. 17). Dadurch kommen beide Knochen ziemlich in Eine Richtung aber die Tibia bleibt zu weit nach hinten stehen. Es liesse sich denken, dass man plötzlich über ihr den Condylus zurückdrängen könnte, wenn man sie für einen Moment durch starken Zug von einander lüftete.

Die Wirkung der Bänder, durch welche das Knie befestigt ist, hat sehr viel von sich reden gemacht; es scheint mir aber,

dass sie zunächst nach dem vorigen zur Bestimmung des Bewegungsmodus gar nicht berücksichtigt zu werden brauchen, und dass sie überhaupt gar keine andere Wirkung hier haben als an allen Gelenken, indem sie jedes beträchtliche Voneinanderklaffen der aufeinander gleitenden Flächen sehr entschieden, dem Gleiten selbst aber möglichst wenig Widerstand leisten. Sie entspringen mit ihren stärksten Massen überall, besonders am Femur, möglichst nahe den Drehungsaxen, aber natürlich können sie auch nicht zwischen absolut gegeneinander unbeweglichen Punkten ausgespannt sein, da es solche überhaupt nicht giebt. Es werden daher abwechselnd einzelne Parthieen derselben bald etwas mehr, bald etwas weniger gespannt sein, ohne dass doch die Art, wie sie sich dabei auf und abwickeln, bestimmend oder hemmend für die Bewegungsrichtungen wird. Ebensowenig bestimmt ihre mehr oder weniger starke Spannung die Grenzen des Spielraums der Bewegungen, wie man allerdings versucht sein kann zu glauben, wenn man versucht denselben zu überschreiten, namentlich übermässige Streckung auszuführen, und sie sich dem dann mit starker Spannung widersetzen. Was sie aber dabei verhindern, ist auch nur wieder das Aufklaffen des Gelenks, das erfolgen müsste, wenn die Hemmungsflächen schon schliessen und man drängte nun die Knochen noch weiter über die durch sie bestimmte Grenze der Bewegung hinaus. Es wäre dann der Mechanismus, wie bei jeder Luxation eines geschlossenen Gelenkes durch plötzliches Andrängen gegen die Grenze seiner normalen Bewegungsbahn. Die Hemmungsflächen würden zu einem Hypomochlion, um welches sich nun die Knochen gegeneinander drehen würden, wenn die luxirende Gewalt stark genug wäre, die Bänder zu sprengen, die dem Aufklaffen des Gelenkes, das damit an dem den Hemmungsflächen gegenüber liegenden Rande des Gelenkes nothwendig eintreten müsste, widerstehen. Dieser Widerstand ist nun aber hier so stark, dass eine Luxation des Knies durch Abhebelung der hinteren Ränder der Knochenflächen von einander in Folge von Ueberstreckung wohl kaum noch vorgekommen ist, weil die Bänder sämmtlich, und nicht etwa nur einzelne, ein Klaffen der Contactflächen hindern und auch zum Theil an ziemlich langen Hebelarmen (von jenem vorn an der Grenze der Condylenflächen und der Patellarolle gelegenen Hypomochlion bis zu ihren Ansätzen gerechnet).

Die Wirkung der Muskeln auf das Kniegelenk ist im Ganzen sehr einfach. Flexoren und Extensoren wirken als solche, d. h. auf Beugungs- und Streckungsdrehung zunächst

fast nur für die der oberen Articulationen, woraus sich aber die der unteren in Folge des Mechanismus von selbst ergeben, da jene nicht ohne diese zu Stande kommen können. Nur die oben am Oberschenkel liegenden und am Unterschenkel auf der medialen und lateralen Seite des Gelenks befestigten Flexoren [1]) erhalten bei rechtwinkliger Beugung auch eine directere Einwirkung auf die Beugungsdrehung der unteren Articulation, je der Seite, auf welcher sie sich am Unterschenkel befestigen, um ihre fast senkrechten Axen, während sie denselben bei starker Beugung und Streckung immer mehr und mehr parallel gerichtet werden. In der Mittellage können sie dann also antagonistisch abwechselnd die aus Streckungsdrehung der einen und Beugungsdrehung der anderen unteren Articulation gebildete Rotation bewirken, die ja auch von dieser Stellung aus am freisten ist, und es wird dann, da Streckungsdrehung der einen und Beugungsdrehung der anderen abgesehen von dem kleinen Flexionseffect ganz dieselben Axendrehungen sind, der Muskel für die Beugungsdrehung der lateralen Articulation, der laterale Flexor (Biceps), zugleich der Muskel für die Streckungsdrehung der medialen, und umgekehrt. Der einzige Muskel, der in allen Stellungen gleichmässig vorzugsweise auf die unteren Articulationen wirkt, ist der Poplitaeus, der sehr direct die laterale Bandscheibe mit dem Condylus zur Beugungsdrehung nach hinten zieht sowohl bei der Beugung und Streckung wie bei der Rotation.

Ich muss es schliesslich noch einmal betonen, wie ich keineswegs verkenne, dass die hier gegebene Definition der Combinationen von Bewegungen ebenso, wie die obige der einzelnen selbst, nicht ganz mathematisch genau von dem vorausgesetzten Princip der congruenten Flächenverschiebung aus entwickelt ist; müssten doch danach die beiden Axen der oberen Articulationen selbst, da sie nach der Definition der Bewegungen nur durch die unteren bewegbar gedacht werden mussten, sich bei Beugung und Streckung gegenein-

---

[1]) Ein sonderbares Missverständniss hat sich bei Henle (Bänderlehre S. 149) eingeschlichen und ist von da in Ludwig's Lehrbuch der Physiologie übergegangen, als ob nämlich diese Flexoren die Bewegung bewirkten, wenn der Oberschenkel fixirt ist und der Unterschenkel bewegt wird, der Gastrocnemius im umgekehrten Falle; da es doch offenbar für die Wirkung eines Muskels ganz gleichgültig ist, welcher von seinen beiden Endpunkten aus Gründen, die ebensowenig im Gelenke als in der Wirkung des Muskels selbst liegen, dieser mehr folgt, also beide Gruppen sich unter allen Umständen bei Beugung des Knies verkürzen, nur verschieden viel nach der Stellung der beiden anderen Gelenke, auf welche sie ausserdem noch wirken (Hüfte und Sprunggelenk).

ander bewegen, obgleich sie in demselben Knochen stecken, was also unsinnig ist. Trotzdem scheint mir diese angenäherte Zurückführung auf das obige Princip der einfachste und natürlichste Ausdruck für den Grad von Gesetzmässigkeit der Bewegung zu sein, der ungeachtet oder eben mit Hülfe der Elasticität eines Gliedes des Mechanismus in combinirten Gelenken dieser Art besteht, die man wegen der nahen Verbindung von je zwei durch einen Zwischenknorpel getrennten Articulationen wohl passend Doppelgelenke nennen kann, wenn auch mehrere solche Articulationspaare wieder zu einem Ganzen combinirt auftreten.

Ueber den Einfluss der Temperaturen und ihrer Schwankungen auf die motorischen Nerven,

von

Prof. Dr. **E. Harless.**

Die Wärme zählt zu den integrirenden oder Lebensreizen; d. h. der thierische und menschliche Organismus bedarf zu seiner Existenz und Gesundheit einer bestimmten Quantität Wärme, deren Veränderung nach der Plus- oder Minus-Seite hin innerhalb gewisser Grenzen Functionsstörungen, darüber hinaus Vernichtung des Lebens nach sich zieht. Viele Erfahrungen der Laien wie der Aerzte bestätigen zweifellos den Antheil gewisser Einflüsse höherer oder niedriger Temperaturgrade auf Functionsstörungen einzelner Theile und veranlassen die Meinung, dass sie auch von Bedeutung auf das Allgemeinbefinden seien — kurz dazu: extreme Abweichungen der äusseren Temperatur von einem gewissen Mittel als ätiologische Momente für Erkrankungen anzusehen. Nicht minder sind Aerzte und Laien geneigt, auf die Temperaturschwankungen ein grosses Gewicht zu legen und daraus selbst das Auftreten massenhafter Erkrankungen, d. h. Epidemien, abzuleiten. Die Richtigkeit der Schlussfolgerung im einzelnen Fall wird bei der unendlichen Complication der meteorologischen und anderweitigen äusseren Ursachen auf der einen Seite, und der gleich grossen Complication variabler Kräfte im Gesammtorganismus ausserordentlich schwer geprüft werden können. Das Allgemeine aber bleibt an der Sache doch wahr und unumstösslich, dass auch auf den Gesammtorganismus extreme Kälte- und Wärmegrade, wie grosse Temperaturschwankungen von Einfluss sind und unser Befinden sowie die Function gewisser Organe alteriren.

Die Mittel, durch welche dieser Reiz auf den Körper und zwar auf den empfindenden Organismus wirken kann, sind möglicherweise und gewiss auch in der Wirklichkeit manchfaltig.

Die experimentelle Methode hat vor der blos abstrahirenden, vor der Beobachtung sich selbst darbietender Objecte den Vorzug, dass sie den Schauplatz übersichtlicher macht und ihre Agentien nur auf selbstgewählten Punkten angreifen lässt. Da nun Wärme und Kälte notorisch auf unsere Empfindungs- und Bewegungsorgane wirkt, dies aber eben unter Vermittlung der zugehörigen Nerven geschieht, so hat es auch ein praktisches Interesse, zu erforschen, in wie weit unmittelbar die Nerventhätigkeit durch Wärme und Kälte und deren Schwankung verändert wird. Wenn irgend wo, so ist gerade bei der Prüfung eines so elementaren Reizes das Experiment an Thieren gerechtfertigt, um Schlüsse auf den menschlichen Organismus zu machen, ohne dass jedoch die Zahlenresultate mit ihren absoluten Werthen genaue Parallelen gestatteten. Bei der Frage nach dem Einfluss der Wärme auf die Nerven, kommt es nur darauf an, kennen zu lernen, was bei den bekannten Wirkungen verschiedener Temperaturen auf den Gesammtorganismus auf Rechnung einer unmittelbar dadurch veränderten Nerventhätigkeit zu bringen ist, wodurch man per exclusionem die sekundären und gegen andere Gewebe direkt gerichteten Wirkungen davon abscheiden lernt.

Die ganze nachstehende Untersuchung ist also von praktischem Standpunkt aus eine Controle bekannter Erfahrungen an dem isolirten Nerv-Muskelpräparat, welches am handlichsten und übersichtlichsten in dem „galvanischen Froschpräparat" geboten ist. Dieses besteht bekanntlich aus dem enthäuteten Unterschenkel im Zusammenhang mit dem frei präparirten Schenkelnerv.

Die Wirkung der Wärme an sich kann die verschiedensten Formen annehmen, je nach dem was sie gleichzeitig in der Nervensubstanz herbeiführt. Der Nerv ist ein feuchter, jedoch nicht so weit mit Wasser durchtränkter Körper, dass er nicht noch eine sehr beträchtliche Menge davon imbibiren könnte. Von seinem Wassergehalt hängt in sehr hohem Grad seine Leistungsfähigkeit und seine Erregbarkeit ab. Dies verlangt, dass man die Wärme bei unverändert erhaltenem Wassergehalt der Nerven einwirken lasse. Die Prüfung des Nerv auf seine Reizbarkeit muss also in einem Raum geschehen, dessen Luft stets mit Wasserdampf gesättigt ist. Da man aber zu erwarten hat, dass auch die Leistungsfähigkeit des Muskels, der Index der Reizbarkeit, durch gewisse Temperaturen alterirt werden könne, so entsteht die Forderung, Nerv und Unterschenkel je in abgesonderte Räume zu vertheilen, in welchen je für sich die Temperatur nach Belieben regulirt werden kann. Die Forde-

rungen sind also: Möglichkeit der Reizung des Nerv in einem Raum, dessen Luft, mit Wasserdampf gesättigt, constante oder messbar variirende Temperaturen anzunehmen im Stande ist, während der zugehörige Unterschenkel vor Vertrocknung geschützt, in der gewöhnlichen mittleren Zimmertemperatur (c. 15° R.) verbleibt.

Der Apparat, dessen ich mich zu den meisten sofort zu beschreibenden Experimenten bediente, muss zuerst angegeben werden. Ein cylindrisches Blechgefäss von 5100 C.-C. Rauminhalt nimmt ein zweites von 2100 C.-C. Rauminhalt in sich auf. Die Wandungen beider und ihre Boden stehen dem entsprechend von einander ab. In dem Ring, welcher oben diesen Abstand deckt, befindet sich ein Loch, welches in ein bis auf den Boden des äusseren Gefässes herabhängendes Rohr mündet. An der Wandung des äusseren Gefässes befindet sich ganz oben ein gekrümmtes kurzes Abflussrohr. Durch Eingiessen von Wasser in die Röhre lässt sich bei continuirlichem Strom von einem zweiten sehr grossen Wasserbehälter her der äussere Raum des Calorimeters mit Wasser von sehr constanter Temperatur speisen, oder die Temperatur des ganzen Raumes schnell ändern. Der innere Raum ist ebenfalls mit Wasser gefüllt, und in ihm steht ein kurzes cylindrisches Stück von 4 Cent. Höhe und 8,5 Cent. Durchmesser. Dieser dosenähnliche Raum wird oben mit einem Deckel verschlossen, dessen Reif in einen mit Wasser oder Oel etc. zu füllenden Falz passt. Der Deckel ist mit Ausnahme seiner metallischen Peripherie von Glas und hat vier Durchbohrungen. Zwei davon nehmen die in Glasröhren und Siegellack eingeschlossenen 1 Mill. dicken Zuleitungsdrähte auf, welche unter dem Deckel in rechtem Winkel gebogen, gegen das Centrum des Deckels hinziehen. Dort endigen sie in zwei Platinschaufeln, welche allein metallisch blank gelassen werden und senkrecht übereinander stehen. Ueber ihnen befindet sich in der Mitte des Glasdeckels ein Loch von 1″ Durchmesser; nebenan ein zweites, eben so grosses. Der Boden der Dose ist stets mit einer 2 — 3 Millim. hohen Wasserschicht bedeckt. Auf diesen Glasdeckel wird eine 5 — 6 Mill. dicke, matt geschliffene Glasplatte gestellt, welche aus zwei genau aneinander passenden Hälften besteht. Jede dieser Hälften hat an den einander zugekehrten Seiten eine Kerbe; beide aneinander gefügt ergänzen sich zu einem Canal, eben ausreichend weit den Nerv ohne Druck genau zu umschliessen. Dieser Canal steht schliesslich im Mittelpunkt des einen Loches im Glasdeckel. Dem zweiten Loch desselben entspricht ein weiterer Canal in der matten

Glasplatte; er ist zur Aufnahme des Thermometers bestimmt, dessen Kugel genau in der Höhe der Platinschaufeln und dicht neben ihnen in den Raum hereinragt.

Bequem lässt sich der frei herabhängende Nerv des an einem kleinen Stativ angespiessten Unterschenkels (der Stachel geht durch das Gelenkende der Tibia) über die Schaufeln legen, in die Kerbe der einen Hälfte der Glasplatte einfügen, und durch Anstossen ihrer zweiten Hälfte in den Canal bringen, dessen oberes Ende sofort das aufstossende Knie vollkommen deckt. Ueber den Unterschenkel wird eine Gloke gestürzt, in welcher von oben ein Thermometer bis zur Mitte des Präparates herabreicht, und sich ausserdem nasses Fliesspapier befindet, um die Luft auf dem Sättigungspunkt mit Wasser zu erhalten. Ist die Versuchszeit nur kurz, so kann man auch die Glocke weglassen, muss aber dann auf's Sorgfältigste die ganze Kniegegend ringsum mit feuchten thierischen Theilen umhüllen, weil die geringste Vertrocknung des dort frei liegenden Nervenstückchens alle Resultate trüben und vollkommen verwirren kann. Der Verlust mancher Stunde macht es mir zur Pflicht, immer wieder auf die Gefahren aufmerksam zu machen, welche sich für ein Resultat bei Reizversuchen an die geringsten Mengen von Wasserverlust knüpfen. Sie sind grösser als alle gewöhnlichen mechanischen Misshandlungen der Nerven bei der Präparation etc. Die Temperatur der Luft unter der Glocke lässt sich durch Lappen reguliren, welche man je nach Bedarf in Wasser, Alkohol oder Aether getränkt aussen auflegt, oder durch erhitzte Blechschirme, wenn man strahlende Wärme zuführen will.

Soll der Aufenthaltsort des ganzen Präparates rasch gewechselt werden, so hebt man den Glasdeckel mit der Stromzuführenden Vorrichtung und Allem, was weiter darauf ist, ab, und bringt ihn über ein zweites Gefäss, dessen Luft ebenfalls auf's Sorgfältigste mit Wasserdunst gnsättigt bleibt. Der Nerv ändert dabei also niemals die Berührungspunkte mit den Platinschaufeln. Die gereizte Stelle befindet sich aber immer ziemlich weit entfernt von der Kniekehle, was man wegen der Einschiebung der Schutzplatte nicht vermeiden kann, aber verlangt, dass man den Nerv stets möglichst weit oberhalb seines Austrittes aus dem Becken abschneide. Der Mittelpunkt der gereizten Nervenstrecke steht von dem Eintritt des Nerv in die Muskulatur des Unterschenkels 16 Mill. in meiner Vorrichtung ab; die Spannweite der Platinschaufeln beträgt 5 Mill.

Die Bestimmung der Reizbarkeit kann auf zweierlei Weise gemacht werden. Entweder man fragt: was sind die geringsten

Stromstärken, bei welchen in jedem einzelnen Moment eben noch Zuckungen erzielt werden können, wenn bei den verglichenen Versuchen die Geschwindigkeit des Stromwechsels constant erhalten ist, oder man fragt: wann hört der Nerv auf gegen die stärksten und möglichst rasch wechselnden Inductionsströme zu reagiren? Ihre Stärke wählt man so, dass man sicher ist, es müsste dadurch der Nerv erregt werden, wenn überhaupt noch irgend eine Spur von Reizbarkeit in ihm ist.

Die Regulirung der Stromstärken für die Beantwortung der ersten Frage geschah bei Anwendung eines Grove'schen Bechers mittelst des von mir construirten Apparates, welcher in den Denkschriften der Akademie [1]) beschrieben und abgebildet ist. Ausgedehnte Versuchsreihen haben mich überzeugt, dass nur der Grove'sche Becher zulässig ist, was jedoch zu weitläufig wäre, an diesem Orte mitzutheilen; ich erwähne es nur für Diejenigen, welche die Versuche wiederholen wollen.[2]) Der Rheostat also ist es, dessen Flüssigkeitssäule verlängert oder verkürzt die Stromstärke messbar schwächen oder vergrössern lässt. Wie weit die Rheostatenablesungen unmittelbar auf die Reizbarkeit schliessen lassen und wie weit sie unter Berücksichtigung der physikalischen Veränderungen der Nerven corrigirt werden müssen, um als Ausdrücke für die Reizbarkeitsgrade verwerthet werden zu können, ist in der III. Abhandlung über molekuläre Vorgänge in der Nervensubstanz in den Denkschriften der Akademie und im Auszug in dem Münchner Gelehrten Anzeiger [3]) auseinandergesetzt. Vorläufig handelt es sich also um die Mittheilungen der Versuche, in welchen die Rheostatenablesungen nur als allgemeiner Index für die Veränderungen der Reizbarkeit notirt sind.

Erste Abtheilung.

I. Reihe.

Die Versuche sind so angestellt, dass der Nerv, sobald er präparirt war, ohne vorher gereizt worden zu sein, in den warmen Raum von constanter Temperatur gebracht wurde. Darauf wurde so schnell als möglich seine Reizbarkeit geprüft. Da viel auf den Zeitverlust ankommt, welcher zwischen dem Moment verstreicht, in dem der Nerv in den Raum kommt, und der Zeit der ersten Reizung, so sind diese beiden Zeitpunkte ebenfalls in der Tabelle berücksichtigt. Zum Verständ-

[1]) Bd. XXXI. pag. 320 ff., Tab. X. fg. Rh. I. — Rh. II.

[2]) In Du Bois Laboratorium gewann man dieselbe Erfahrung. cf. Pflüger, „Physiologie des Elektrotonus" pag. 95 ff.

[3]) Gelehrte Anzeigen 1858, Sitzungsbericht vom 13. Nov. 1858 „Ueber Maassbestimmungen der Nervenreizbarkeit."

niss der Tabelle ist wenig hinzuzusetzen. In der Rubrik Rheostat ist seine Füllung angegeben, wobei 1 immer den Bruchthei, von concentrirter Kupfervitriollösung (Temp. 15 ° R.) bedeutet die zweite Zahl die Bruchtheile von destillirtem Wasser, mit welchem jene verdünnt worden. Der Querschnitt der Flüssigkeitssäule ist 9,02226 □Mill. Die in der Vertikalcolumne stehenden Zahlen sind Centimeter der Säulen-Höhe.

I.

Die Reizung geschah mit absteigendem Strom.
Das Thier wurde geschlachtet 4h 17′. Das Präparat aufgestellt 5h 16′.

Fortlaufende Zeit.	Dauer der Einwirkung der Wärme.	Rheostaten-Ablesung. (Füllung: 1 : 500)		Temperatur im feuchten Raum.
5h 18′	2′	90 Cent.		25,3° R.
5h 21′	5′	62,5 „		25,5°
5h 22,5′	6,5′	60 „		25,5°
5h 24,5′	8,5′	43 „		25,5°
4h 27′	11′	35 „	Schliessungs-	25,3°
5h 30′	14′	31,5 „	Zuckungen.	25,6°
5h 32,5′	16,5′	25,5 „		25,7°
5h 35′	19′	23 „		25,9°
5h 38,5′	22,5′	19,5 „		26°
5h 44′	28′	19,5 „		26°
5h 47′	31′	0 „	keine Zckgn.	26°

II.

Die Reizung geschah mit absteigendem Strom.
Das Thier wurde geschlachtet 5h 55′. Das Präparat aufgestellt 6h 2′.

6h 4′	2′	145 Cent.		26,2° R.
6h 6,5′	4,5′	100 „		26,2°
6h 9′	7′	73,5 „		26,2°
6h 13′	11′	70 „		26,2°
6h 18′	16′	57 „		26°
6h 20,5′	18,5′	52 „		26,1°
6h 24′	22′	33 „		26°
6h 32′	30′	25,5 „	Schliessungs-	26°
6h 39′	37′	25,5 „	Zuckungen.	26°
6h 46,5′	44,5′	20 „		26°
6h 53′	48′	20 „		26°
6h 55′	50′	13 „		26°
7h 5′	60′	9,5 „		26°
7h 8,5′	63,5′	7 „		26
7h 16′	71′	4,5 „		26°
7h 19′	74′	0 „		26

III.

Die Reizung geschah mit aufsteigendem Strom.

Fortlaufende Zeit.	Dauer der Einwirkung der Wärme.	Rheostatenablesung. Füllung (1 : 125).		Temperatur im feuchten Raum.
4^h 55′	0′	116 Cent.		27° R.
56′	1′	53 „	Oeffnungs-	27°
57′	2′	6 „	Zuckung.	27°
57,5′	2,5′	0 „		27°
58,2′	3,10′	0 „	keine Zuckung	27

IV.

Reizung mit aufsteigendem Strom.
Das Thier wurde geschlachtet 5^h 3′. Das Präparat aufgestellt 5^h 7,5′.

Fortlaufende Zeit.	Dauer der Einwirkung der Wärme.	Rheostatenablesung. (Füllung 1 : 125).		Temperatur im feuchten Raum.
5^h 7,5′	0′	81 Cent.		28° R.
5^h 8,5′	1′	42 „		28°
5^h 9,5′	2′	22 „	Oeffnungs-	28°
5^h 12,5′	5′	15,5 „	Zuckung.	28°
5^h 15′	7,5′	15,5 „		28°
5^h 15′	10,5′	10 „		28°
5^h 20,5′	12,5′	0 „	keine Zuckung	28°

V.

Reizung mit aufsteigendem Strom. Aufstellung des Präparates 26,5′.

Fortlaufende Zeit.	Dauer der Einwirkung der Wärme.	Rheostatenablesung. Füllung (1 : 125).		Temperatur im feuchten Raum.
27	0,5′	151 Cent.		28° R.
28	1,5′	26 „	Oeffnungs-	28°
29	2,5′	11,5 „	Zuckung.	28°
39	12,5′	11,5 „		28°
42	15,5′	0 „		28°

VI.

Reizung mit aufsteigendem Strom. Aufstellung des Präparates 6^h 40,5′.

Fortlaufende Zeit.	Dauer der Einwirkung der Wärme.	Rheostatenablesung. (Füllung 1 : 125).		Temperatur im feuchten Raum.
6^h 41′	0,5′	84 Cent.	Oeffnungs-Zuckung.	28° R.
42′	1,5′	82 „		28°
44,1′	3,6′	16 „		28°
45,2′	4,7′	7,8 „		28°
49	9,5′	6 „	Schliessungs- u.	28°
57,5′	11	0 „	Oeffnungszuck.	28°

VII.

Reizung mit aufsteigendem Strom.

Fortlaufende Zeit,	Dauer der Einwirkung der Wärme.	Rheostatenablesung. (Füllung 1 : 125).		Temperatur im feuchten Raum.
4^h 30′	0	102,5 Cent.		28° R.
32′	2′	0 „	keine Zuckg. mehr	28° R.

VIII.

Reizung mit aufsteigendem Strom.
Zeit der Tödtung des Thieres 6^h 30′. Das Präparat aufgestellt 6^h 35′.

Fortlaufende Zeit.	Dauer der Einwirkung der Wärme.	Rheostatenablesung. (Füllung 1 : 125).		Temperatur im feuchten Raum.
6^h 36′	1′	135 Cent.		28,2° R.
6^h 37,5′	2,5′	10 „		28°
6^h 38,5′	3,5′	0 „		28°
6^h 40′	5′	0 „	keine Zuckung	28°

IX.

Reizung mit absteigendem Strom.
Zeit der Tödtung 4^h 28′. Das Präparat aufgestellt 4^h 31′.

Fortlaufende Zeit.	Dauer der Einwirkung der Wärme.	Rheostatenablesung. (Füllung 1 : 500).	Temperatur im feuchten Raum.
4^h 31,5′	0,5′	79 Cent.	28,3° R.
33′	2′	62 „	28,4°
36′	5′	40,5 „	28,5°
38,5′	7,5′	24 „	28,5°
41′	10′	24 „	28,5°
42,2′	11,2′	20,3 „	28,5°
46,3′	15,3′	14,6 „	28,5°
49,5′	18,5′	7,5 „	28,5°

X.

Reizung mit aufsteigendem Strom.
Zeit der Tödtung 4^h. Das Präparat aufgestellt 4^h 3′.

Fortlaufende Zeit.	Dauer der Einwirkung der Wärme.	Rheostatenablesung. (Füllung 1:125).		Temperatur im feuchten Raum.
4^h 3′	0	155 Cent.		28,5° R.
5′	2′	53 „		28,5°
6′	3′	45 „		28,5°
7,5′	4,5′	45 „	Oeffnungs-	28,5°
8,5′	5,5′	39 „	Zuckung.	28,5°
10′	7′	36 „		28,5°
14′	11′	33 „		28,5°
18,5′	15,5′	33 „		28,5°
23′	20′	0 „	keine Zuckung.	28,5°

XI.

Reizung mit absteigendem Strom.
Zeit der Tödtung 4^h 25′. Das Präparat aufgestellt 4^h 53,5′.

Fortlaufende Zeit.	Dauer der Einwirkung der Wärme.	Rheostatenablesung. (Füllung 1:500).		Temperatur im feuchten Raum.
4^h 54′	0,5′	104 Cent.		28,5° R.
55,5′	2′	47 „		28,5°
57,5′	4′	47 „		28,5°
59,5′	6′	32 „	Schliessungs-	28,5°
5^h 2,5′	9′	27 „	Zuckung.	28,5°
3′	9,5′	24,8 „		28,5°
5′	11,5′	22,5 „		28,5°
7,5′	14′	15,5 „		28,5°

XII.

Reizung mit absteigendem Strom,
Zeit der Tödtung 5^h 12′. Das Präparat aufgestellt 5^h 15′20″.

Fortlaufende Zeit.	Dauer der Einwirkung der Wärme.	Rheostatenablesung. (Füllung 1:500).		Temperatur im feuchten Raum.
5^h 15′50″	0,5′	64 Cent.		28° R.
17,50′	2,5′	33 „		28°
20′	4′40″	24,5 „		28,5°
22′	6′40″	24,5 „		28,5°
23,5′	8′10″	19,5 „	Schliessungs-	28,5°
25′	9′40″	14,8 „	Zuckung.	28,6°
27,5′	12′10″	14,8 „		28,8°
29′	13,40″	13,5 „		29°
29,5′	14′10″	11,2 „		30°
29,40″	14′20″	7,5 „		31°

XIII.

Reizung mit absteigendem Strom.
Zeit der Tödtung 5^h 34′. Das Präparat aufgestellt 5^h 37′40″.

Fortlaufende Zeit.	Dauer der Einwirkung der Wärme.	Rheostatenablesung. (Füllung 1:500).		Temperatur im feuchten Raum.
5^h 37′40″	0	122 Cent.		30,5° R.
39′40″	2′	19,5 „	Schliessungs-Zuckung.	30,4°
40′40″	3′	10 „		30,5°
43′	5′20″	7,5 „		30,5°
45′	7′30″	1,5 „		31°

XIV.

Reizung mit absteigendem Strom.
Zeit der Tödtung 5^h 34′. Das Präparat aufgestellt 5^h 46′10″.

Fortlaufende Zeit.	Dauer der Einwirkung der Wärme.	Rheostatenablesung. (Füllung 1:500).		Temperatur im feuchten Raum.
46,′30″	20″	140 Cent.		31° R.
47′	50″	18,8 „	Schliessungs-Zuckung.	31°
50′	3′50″	10,5 „		31°
52′	5′50″	6,5 „		31°

XV.

Reizung mit absteigendem Strom.
Zeit der Tödtung 6^h 40′. Das Präparat aufgestellt 7^h 4′.

Fortlaufende Zeit.	Dauer der Einwirkung der Wärme.	Rheostatenablesung. (Füllung 1:500).		Temperatur im feuchten Raum.
7^h 5′	1′	110 Cent.		28,8° R.
6,3′	2,3′	39 „	Schliessungs-Zuckung.	28,8°
7,3′	3,3′	17 „		28,9°
8,4′	4,4′	11 „		29°

XVI.

Reizung mit absteigendem Strom.

Fortlaufende Zeit.	Dauer der Einwirkung der Wärme.	Rheostatenablesung. (Füllung 1:125).	Temperatur im feuchten Raum.
von 5^h 34′ bis 5^h 55′	21′	über 155 Steigerung der Wärme	24,8° R.
6^h 12,5′	0	153 Centim.	27,5°
17,5′	5′	153 „	28°
23′	10,5′	30 „	28,8°
24,5′	12′	0 „	29,6°

Diese Tabelle enthält die Rheostatenablesungen, welche im Lauf der Einwirkung feuchter Wärme, von 25°R. angefangen, verlangt werden um die Stromstärke so weit zu vermindern, dass eben noch Zuckungen isochron mit dem Gang des Uhrwerkes, welches den Strom regelmässig unterbricht, auftreten. Ich habe die Versuche, welche mit geringeren Wärmegraden bis gegen 15—17°R. hin angestellt wurden, nicht weiter hier angeführt. Trägt man auf einer horizontalen Linie, deren aneinander gereihte Abschnitte den Fortschritt der Zeit bezeichnen, als Ordinaten, die je in einem Zeitmoment erforderlichen Rheostatenstände auf, und verbindet deren obere Endpunkte mit einander, so erhält man eine Curve, welche ich wenn in Temperaturen von 15—17°R. untersucht wird, die Curve des natürlichen Absterbens nennen will. Die Form dieser Curve wird bei sonst gleichen Umständen, gleicher Länge des Nerv, gleichem Ort der Reizung etc. durchaus nicht wesentlich verändert, wenn man die Temperatur auch bis 22—24°R. steigert. Sie erleidet dagegen eine bestimmte und wesentliche Veränderung, wenn man höhere Temperaturgrade in Anwendung bringt. Der Zweck der vorstehenden Versuchsreihe war zu ermitteln, ob diese Aenderung der Absterbungscurve mit der Zunahme der Temperatur allmählich sich einstellt, was man von vorneherein vielleicht hätte erwarten können, oder ob die Aenderung plötzlich geschehe. Ein Blick auf die voranstehende Versuchsreihe lässt nun unzweideutig erkennen, dass das Letztere der Fall ist. Die Versuche I und II zeigen, dass wenn die anfänglichen Rheostatenstände auch zuerst mit grösserer Geschwindigkeit sinken als später, doch in den ersten Minuten kein gerade sehr auffallender Sprung stattfindet. Zweitens ergiebt sich, dass der Nullpunkt des Rheostaten vor Temperaturen von 27°R. erst nach $^1/_2$, ja erst nach einer ganzen Stunde und darüber erreicht wird. In einigen Fällen wird aber bei 27°R. schon nach 1 oder 1,5 Minuten eine plötzliche Erniedrigung des Rheostatenstandes verlangt, und der Nullpunkt des Rheostaten wird im Mittel c. in 9 Minuten bei 28°, in 4—5 Minuten bei 30—31°R. erreicht. Die natürliche Absterbungscurve erhält also gleich an ihrem Anfang ein sehr starkes, plötzliches Gefälle und nimmt mit der wachsenden Temperatur in sehr rascher Progression an Länge ab. Nimmt man alle Versuche, welche mit auf- und absteigenden Strömen angestellt worden zusammen, und beachtet dabei hauptsächlich den XVI. Versuch, so darf die feuchte Wärme von 28—29°R. als der Punkt betrachtet werden, an welchem die plötzliche Aenderung der Absterbungscurve eintritt.

Nach der Theorie der Maassbestimmung der Reizbarkeit, welche ich an einem anderen Ort[1]) entwickelt habe, wird dazu die Kenntniss der physikalischen Veränderungen gefordert, welche der Nerv durch den Einfluss des angewendeten Agens erfährt. Das Erste, wovon man sich überzeugen musste, war, dass es in den beschriebenen Experimenten wirklich nur die Wärme gewesen ist, welche die Veränderung der Reizbarkeit nach sich gezogen hatte. Denkbarer Weise hätte auch am Nerv irgendwie condensirter Wasserdunst zu Imbibition führen können, oder es hätte, trotz aller Vorsicht bei Versuchen mit wechselnden Temperaturen, wovon noch später die Rede sein soll, ein partieller Wasserverlust eintreten können. So unwahrscheinlich dies auch wegen der Cautelen war, welche vom ersten Anfang an beobachtet wurden, so musste man sich doch experimentell der Sache versichern. Ist es die Temperatur und zwar eine solche, bei welcher keine bleibenden wesentlichen Veränderungen: Coagulation des Eiweisses etc., vorauszusetzen waren, so durften sich, wenn die Nerven wieder in die ursprüngliche Wärme zurückgebracht und darin einige Zeit aufbewahrt waren, keine bleibenden Aenderungen der Dimension und des elektrischen Leitungsvermögens zeigen. Der letztere wird durch sehr geringe Schwankungen im Wassergehalt schon sehr wesentlich verändert. Die Messung des Querschnittes nach der in der III. Abhandlung (über molekuläre Vorgänge in der Nervensubstanz) beschriebenen Methode, der Apparat ist Tab. XVIII Fig. 12 der Denkschriften der Akademie Bd. XXXI Abthlg. II abgebildet, erlaubt eine sehr grosse Genauigkeit. Die scheinbare Grösse eines Theilraumes im Ocularmikrometer beträgt 2 Millimeter; ihr wahrer Werth 0,01265 Millim. Bei Nerven von 0,5—0,6 Millim. Durchmesser lassen sich noch sehr kleine Bruchtheile desselben bestimmen. Ich habe mich an vielen Präparaten überzeugt, dass Nerven, wenn sie zuerst bei 16° untersucht worden waren, dann 10—15 Minuten in der feuchten Wärme von 32—34° R. gehangen hatten, und dann in die alte Temperatur zurückgebracht wurden, in kurzer Zeit genau den ursprünglichen Durchmesser und den ursprünglichen Leitungswiderstand wieder gewonnen hatten. Aus dem Eingangs mitgetheilten Verfahren ist ersichtlich, dass man beide Messungen genau mit demselben Stück Nerv und an derselben Stelle vornehmen konnte; man hat sich nur zu denken, dass man den ganzen Glasdeckel des Calorimeters mit dem unverrückt

[1]) Münchner Gel. Anzeigen l. c.

verbliebenen Präparat auf den mit feuchter Luft erfüllten Raum N der obengenannten Figur aufsetzte und die Messung vornahm. So war Beispielsweise der Durchmesser eines frischen Nerven 0,714725 Mill.; 8 Minuten war er im feuchten Raum von 36° R.; nach 8 Minuten Aufenthalt in der ursprünglichen feuchten Wärme von 16° R. war der Durchmesser wieder genau 0,714725 Mill. Bei einem zweiten Nerv, dessen Durchmesser ursprünglich 0,6042 Mill. war, zeigte er sich eben so gross wieder nach 21 Minuten, nachdem er dazwischen 15,5 Minuten der feuchten Wärme von 34,8° R. ausgesetzt gewesen. In einem dritten Fall war der Durchmesser vor und nach dem Einfluss der feuchten Wärme genau 0,66745, nachdem der Nerv 8 Minuten wieder der Temperatur von 16° R. zurückgegeben war, vorher sich aber 8,5 Minuten in einer Temperatur von 32° R. aufgehalten hatte. Ebenso verhielt es sich mit den Leitungswiderständen. Die astatische Nadel des grossen Galvanometer mit 7200 Windungen wurde immer wieder genau auf denselben Punkt getrieben, welchen sie mit bleibender Ablenkung bei dem frischen Nerv vor der Einwirkung der feuchten Wärme erreicht hatte. Damit war hinlänglich bewiesen, dass alle Veränderungen der Reizbarkeit durch die bisher angewendete Temperatur und durch nichts Anderes herbeigeführt worden war.

Die zweite Frage, welche sofort zu beantworten gewesen, musste die sein: ob die Rheostatenablesungen wirklich durch die Veränderungen der physiologischen Reizbarkeit, welche eben dadurch gemessen werden sollte, bedingt seien. Diese Frage lässt sich nur dann erledigen, wenn man alle Factoren gemessen hat, welche auf die Aenderung der Stromdichte von Einfluss sind. Die Formel [1]) verlangt die Kenntniss des Gesammtleitungswiderstandes in der ganzen Strombahn vor und während der Einwirkung der Wärme, so wie das Verhältniss der Nervenquerschnitte in den beiden Momenten. Der Gesammtleitungswiderstand während der Einwirkung der Wärme heisse G', der vorherige G, der Querschnitt des frischen Nerven in der Mitte der gereizten Stelle q, und der Querschnitt an genau eben dieser Stelle im feuchtwarmen Raum q'. Dann giebt $G' - \left(\frac{q}{q'} G\right)$ die von dem Wechsel der Reizbarkeit allein abhängige Veränderung des Rheostatenstandes = R. Die Messung des Querschnittes im warmen Raum ist unmöglich. Man kann sich vor dem Beschlagen der Fenster im Apparat (Fig. 12 cf. oben)

[1]) l. c. pag. 582.

mit Wasserdunst nicht sicher stellen. Die Nerven des Frosches führen 76% Wasser; man wird gewiss nicht auf eine zu kleine Veränderung des Querschnittes geführt, wenn man direkt mit dem Ausdehnungscoefficienten für Wasser rechnet. Dies ist in den Berechnungen geschehen, von welchen ich beispielsweise eine hichersetze.

Der Leitungswiderstand der gereizten Strecke betrug bei dem frischen Nerven im feuchten Raum von 16,5° R. 22241433 Meter Normal Kupferdraht. Der Querschnitt war 0,434367 □ Mill., entsprechend der Temperatursteigerung berechnet sich nach Obigem der Querschnitt q' zu 0,436. Dann ist $\frac{q}{q'} = 0{,}996$.

Der Leitungswiderstand war nach 4 Minuten Einwirkung der feuchten Wärme von 34,5° R. an der gereizten Nervenstelle auf 12060782,7 Meter Normalkupferdraht gesunken. Diese Zahl verhält sich zur ersteren wie 1:1,84. Nachdem der Nerv wieder 10 Minuten im feuchten Raum von 16,5° R. zugebracht hatte, war sein ursprünglicher Leitungswiderstand vollkommen wieder hergestellt.

Nun musste bei Beginn des Versuches im feuchten Raum von 16° R. der Rheostat auf 120 Cent. eingestellt werden um die ersten Zuckungen zu erzielen; nach 2,5 Minuten Aufenthalt in der feuchten Wärme von 34,5° R. zuckte das Präparat eben noch bei 0 Rheostatenstand.

Der Gesammtleitungswiderstand betrug im ersten Fall 268597498,5 Meter Normaldraht = G, im zweiten dagegen nur 12600817,74 = G'. Es ergab sich

$$\frac{q}{q'} G = 267523107{,}5 \text{ und}$$

$$G' - \left(\frac{q}{q'} G\right) = -254922289{,}77 \text{ Meter Normalkupferdraht,}$$

welche blos in Folge der verminderten Reizbarkeit ausgeschaltet werden mussten. Diese Zahl ist aber = 115,3 Cent. der Flüssigkeitssäule, welche sich bei der Reizung im Rheostat befunden hatte. Die Differenz der Ablesung war also 120 Cent., die der Berechnung 115,3, woraus auf das Deutlichste erhellt, dass die Ablesungen als sehr genäherte Werthe für die Reizbarkeitsgrade in diesen Fällen angesehen werden dürfen.

Es musste auffallen, dass in der obigen Versuchsreihe, in welcher die Nerven immer gleich in den warmen Raum kamen, bei den schwächsten aufsteigenden Strömen ohne Ausnahme immer Oeffnungszuckungen wahrgenommen wurden, obwohl man weiss, dass sonst stets bei frischen Nerven in diesem Fall

Schliessungszuckungen eintreten. Es musste erwiesen werden, ob die Umkehr der Zuckungsform durch die feuchte Wärme ein constantes Phänomen sei.

Es wurde also die

II. Reihe

von Versuchen angestellt. Die Methode des Versuches ist einfach. Es wird der Glasteller des Calorimeters mit Nerv und Elektroden bald über den wärmeren, bald über den kühleren feuchten Raum gestellt, wobei somit der Ort der Reizung am Nerv nie verändert werden konnte. Die einzige Vorsichtsmaassregel ist den Teller sehr schnell von dem einen Raum auf den anderen zu bringen und durch einen feuchten Flanellring auf dem Glasgefäss dafür zu sorgen, dass der Nerv keinen Augenblick mit einer nicht ganz mit Wasserdunst gesättigten Luft in Berührung komme. In der Tabelle bezeichnet 0 das Fehlen, + das Vorhandensein der oben darüberstehenden Zuckungsform.

I.

Zeit.	Rheostat.	Temperatur.	Aufsteigender Strom.		Absteigender Strom.	
			Schliessgs.-Zuckung.	Oeffngs.-Zuckung.	Schliessgs.-Zuckung.	Oeffngs.-Zuckung.
2h 11,5′	127 Cent.	16,5°R.	+	0		
13′	127 „	16,5°			+	0
13,5′		28°				
14,5′	59 „	28°	+	0	+	0
15′50″	29,8 „	28°	0	+		
17′	21 „	29°			+	0
18,5′	10 „	30°	0	+		
19,5′	10,5 „	30°			+	0
20,5′	10,5 „	30°	0	+		
22,5′	direct durch die Kette verbunden.	30°	0	+	+	0

II.

Zeit.	Rheostat.	Temperatur.	Aufsteigender Strom. Schliessgs.-Zuckung.	Aufsteigender Strom. Oeffngs.-Zuckung.	Absteigender Strom. Schliessgs.-Zuckung.	Absteigender Strom. Oeffngs.-Zuckung.
2h 33′	57,5 Cent.	16,5° R.	+	0	0	+
33,5′	57,5 „		+	+		
35′	22 „	27°	0	+		
37′	18 „	27°			+	
38′	13,5 „	28°			+	
39′	0 keine Zuckung mehr					
40′		16,5° R.				
52′	direkt mit der Kette verbunden	16°	schwach	stark	stark	schwach
54,5′	22,5 Cent.	16,5°			+	0
56′	10,5 „	16,5°	+	0		
3h 3′		22°				
	13,5 „	23°			+	0
5′	4 „	25°	+	0		
8,5′	0 „	27°	0	+		
10′	9 „	28°			+	
10,5′		16°				
12,5′	10 „	16°			+	
14′	7,5 „	16°	+	0		

III.

Zeit.	Rheostat.	Temperatur.	Aufsteigender Strom. Schliessgs.-Zuckung.	Aufsteigender Strom. Oeffngs.-Zuckung.	Absteigender Strom. Schliessgs.-Zuckung.	Absteigender Strom. Oeffngs.-Zuckung.
4h 40,5′	90,5 Cent.	16° R.	+	0		
41′	107 „	16°			+	0
43′	70,5 „	22,5°			+	0
44′	34,5 „	24°	+	0		
45,5′	16 „	26°	+	0		
48′	4,5 „	27,5°	+	0		
48,5′	4,5 „	27,5°	schwach	stark		
50′	2 „	28°	0	+		
52′	0 „	29°	0	+		
4h 55′	23 „	29,5°			+	0
58,5′	18 „	30°			+	0
5h 5′	10,5 „	30,5°			+	0
6′	0 „	30,5°	0	+		
12,5′	5,5 „	30,5°	0	+		
14,5′	7,5 „	30,5°			+	0
20′	9,5 „	30,5°			+	0
20,5′	4 „	30,5°	0	+		
24′	9 „	30,5°			+	0
25′		19°				
33′	5,5 „	19°	+	0		
35,5′	16,3 „	18,5°	+	0		
37,5′	41,5 „	18°			+	0
44′	41,5 „	17,5°			+	0
44′	17,5 „	17,5°	+	0		

Diese Reihe zusammengehalten mit allen übrigen Erfahrungen, welche nebenher im Laufe der ganzen Untersuchung gemacht wurden, liess unzweifelhaft erkennen, dass die Zuckungsform durch die feuchte Wärme umgekehrt wird, und zwar vollkommen vom 27.—29. Grad an. Im Mittel also wieder sehr nahe der Temperatur von 28° R. Gerade also auf jene Temperaturgrenze, an welcher die plötzliche Verminderung der Reizbarkeit eintritt, fällt auch die Umdrehung der Zuckungsform. Man sieht aber, dass zeitlich jene dieser etwas, wenn auch nur um 1—3 Minuten, voraneilt. Kommt der Nerv zurück in den kühleren Raum, so steigt die Reizbarkeit wieder, und sehr bald darauf stellt sich die ursprüngliche Zuckungsform wieder her. Dies gilt aber nur für den aufsteigenden Strom. Nur wenn, wie dies selten einmal der Fall ist, die Oeffnungszuckung bei der Reizung des frischen Nerv mit dem absteigenden Strom vorhanden war, kehrt sich dieselbe durch die feuchte Wärme in Schliessungszuckung um, welche ausserdem unverändert bleibt, der Nerv mag sich in der kühleren oder wärmeren Luft befinden.

Diese Erfahrungen deuten darauf hin, dass an der Temperaturgrenze von 28—29° R. eine plötzliche Veränderung in der Nervensubstanz vor sich gehe. Da der Nerv aber kein homogener Körper ist, sondern aus verschiedenen Mischungsbestandtheilen und Gewebselementen zusammengesetzt ist, so musste man auf mehreren Wegen den Versuch machen, den Ursachen solcher plötzlichen Verminderung der Reizbarkeit auf die Spur zu kommen. An sich hat es nichts so Ueberraschendes, wenn man erwägt, wie viele Beispiele aus der Physik und Chemie beizubringen wären um zu zeigen, dass sich ganz präcis mit dem Eintritt einer bestimmten Temperatur plötzlich die physikalische Eigenschaft, oder der Aggregatzustand von verschiedenen Körpern verändert. Ich erinnere nur an den Schmelzpunkt der Fette, welcher so constant ist, dass man oft durch ihn allein Mischungen sicher trennen oder darnach die Natur der Substanz bestimmen kann. Es lag sehr nahe an das Fett der Nerven auch in unserem Fall zu denken. Ich habe eine grössere Menge von Froschnerven, und zwar den Schenkelnerv, der Analyse unterworfen, wobei sich zeigte, dass sie 4,8% der trocknen Substanz Fett enthalten. Herr Dr. Voit hatte die Güte mir das Verfahren zu zeigen, nach welchem er im Laboratorium von Wöhler in Göttingen sehr viele Bestimmungen über den Schmelzpunkt von Fetten gemacht hatte. Es besteht einfach darin, dass man auf die Kugel eines Thermometers ein Stecknadelkopf grosses Stück Fett bringt, die

Thermometerkugel in einem Probirröhrchen einschliesst, so dass es frei in dessen Raum steht, und dann in einem Luftbad erhitzt, bis das Fett fliesst; diesen Temperaturgrad liest man ab, und dann denjenigen, bei welchem das herabgeflossene Fett an der Kugel plötzlich wieder trüb wird. Der letztere oder der Erstarrungspunkt ist der sicherere und physikalisch auch gewiss als wahrer Schmelzpunkt zu nehmen. Dieser Punkt liegt bei dem Fett der Froschnerven zwischen 29 und 30° R. also sehr nahe dem, an welchem die plötzliche Verminderung der Reizbarkeit wahrgenommen wurde. Ich vermuthete, wenn die Wärme, welche nahe dem Schmelzpunkt des Nervenfettes liegt, eben deswegen so nachtheilig auf die Nerventhätigkeit wirke, so müsse der Schmelzpunkt des Nervenfettes der Menschen viel höher, jedenfalls über der Blutwärme liegen. Da nun weiter bei den warmblütigen Thieren die Eigenwärme so sorgfältig normirt ist, vermuthete ich weiter, es werde bei ihnen jener Schmelzpunkt nur sehr wenig über der Blutwärme liegen. Der erste Theil der Vermuthung hat sich bestätigt, der zweite nicht. Ich extrahirte das Fett von Mediannerven verschiedener Leichen gleichzeitig, wie sie eben in der Anatomie lagen, mit Aether, und bestimmte nach Verdunstung desselben auf die oben beschriebene Weise den Schmelz- resp. Erstarrungspunkt. Er lag bei 41,6° R., also nahe 10° höher, als die Blutwärme. Ebenso verfuhr ich mit Nerven von Tauben und benützte dazu das Armgeflecht und den N. cruralis. Hier ist die Bestimmung schwieriger, weil das Fett auch nach dem Erstarren noch sehr transparent bleibt. Im Mittel aus den Beobachtungen ergiebt sich 46° R. als der Erstarrungspunkt; und vollkommen sicher ist, dass er höher liegt, als der des Nervenfettes der Menschen.

Es mag vorläufig genügen, eine gewisse Relation zwischen dem Schmelzpunkt des Fettes von Nerven und der Verminderung der Reizbarkeit bei derselben Temperatur auf der einen Seite, eine höhere Lage des Schmelzpunktes und höhere Eigenwärme andererseits, endlich eine Relation zwischen der Blutwärme und der Function des Gesammtnervensystems bei den Warmblütigen festgestellt zu haben. Das letztere geschah früher schon von mir und Prof. Seitz[1]) und wurde später mit gleichem Erfolg von Birkner[2]) wiederholt.

Ob aber das Flüssigwerden des Nervenfettes der einzige Grund ist, aus welchem die Reizbarkeit in diesen Fällen so

[1]) Münchner Gelehrte Anzeigen Sitzungsbericht v. 18. Sept. 1854. p. 94 ff.

[2]) Birkner das Wasser der Nerven in physiologischer und pathologischer Beziehung p. 39.

schnell und plötzlich sinkt, ist eine andere Frage. Fest steht wenigstens, dass dies nicht die einzige Veränderung im Nerven ist, welche bei 29° R. vor sich geht. Eine damit offenbar zunächst zusammenhängende Veränderung betrifft die optischen Eigenschaften der Substanz. Ich habe erstens die Durchsichtigkeit des ganzen Nerven einer Prüfung nnterworfen, wollte mich aber mit dem Mehr und Weniger der gewöhnlichen Angaben nicht begnügen. Mein Verfahren, die Transparenz solcher Körper zu messen, besteht in Folgendem: Der schon mehr erwähnte Apparat (Fig. 12) dient den vor Verdunstung geschützten senkrecht und frei zwischen den Fenstern F F' herabhängenden Nerv mittelst eines Ocularmikrometers zu messen. Bringe ich in die Verlängerung der Mikroskopaxe eine getheilte Latte, auf welcher ein Schlitten verschoben werden kann, der eine constante Lichtquelle trägt, so giebt mir der Abstand der letzteren von dem Object einen brauchbaren Maassstab, wenn ich ihn bei zwei vergleichenden Versuchen jedesmal so gross mache, dass immer dieselben 2 oder 3 Theilstriche des Mikrometers, welche von den gleichen Nervenstellen gedeckt werden, eben nicht mehr gesehen werden können. Als Lichtquelle benütze ich einen Bunsen'schen Gasbrenner, dessen Röhre abgeschraubt ist und wähle eine sehr kleine, wenige Linien betragende, constante Flammenhöhe. Je kleiner diese ist, desto mehr bleibt die Lichtstärke constant, desto kleinere Verschiebungen reichen aber schon hin, die durch den Nerv verdeckte Theilung unsichtbar zu machen. Ich stelle deswegen das kleine Flämmehen in den Brennpunkt eines Augenspiegels, wodurch die Differenzen der Ablesung an der Latte viel grösser werden, ohne dass ich eine grössere, aber deswegen mehr unsichere, Flammenhöhe nothwendig habe. Die Unterschiede der Transparenz ergeben sich aus den Quadratdifferenzen der Entfernung des Hohlspiegels vom Object. Stets wurden plötzlich bei 28—30° R. die Nerven transparenter und zwar im Mittel im Verhältniss von 1:1,39.

Die mikroskopische Untersuchung lehrte, dass wesentlich die Primitivfasern eine Aufhellung erfahren, ihre Conturen sind weniger dunkel, der Inhalt nicht granulirt; der Axencylinder zeigt sich nicht leichter als sonst, auch bei der gewöhnlichen Behandlung.

Die Veränderung erstreckt sich aber auch noch weiter auf die äussere Scheide, auf das Neurilem des Nerven. Wenn man Nerven hat gefrieren und wieder aufthauen lassen, so kann man nach c. $^1/_4$ Stunde das Neurilem wie einen Hand-

schuh vom Finger streifen und hat Gelegenheit mit diesem isolirten Gewebe Versuche anzustellen. Das Neurilem des Schenkelnerven des Frosches trägt leicht ein Gewicht von 15—20 Grm. ohne zu reissen. Ich band ein Gewichtchen von nicht ganz 10 Grm. an sein unteres Ende, hing das mit einer Ligatur umschnürte obere Ende in der Axe eines Probirröhrchens auf, in welchem sich unten Wasser, oben in der halben Länge des Neurilems, die Kugel eines kleinen Thermometers befand. Nun wurde langsam das Wasser erwärmt. Das Probirröhrchen stand vor jeder Erschütterung bewahrt, von einem Stativ festgehalten, im Sandbad. So wie die Temperatur im oberen Raum 29—30° R. erreicht hatte, riss das Neurilem plötzlich mitten durch; zum deutlichen Beweis, dass es nachgiebiger geworden und an seiner Cohärenz plötzlich eingebüsst hatte.

Nun habe ich an einem anderen Ort[1]) bereits nachgewiesen, dass die physikalischen Eigenschaften der Nervenhüllen durchaus nicht gleichgültig für den Reizbarkeitsgrad der Nerven sein können. Auffallend sind von je die Unterschiede in letzterer Beziehung bei den Sommer- und Winterfröschen gewesen; ich habe gezeigt[2]), dass sich ebenso auffallende Unterschiede in Beziehung auf die Festigkeit des Neurilems im Sommer und Winter ergeben. Es gelingt im Winter gewöhnlich viel schwerer die Nerven nach meiner Methode[3]) aus den Muskeln herauszuziehen als im Sommer. Man darf die Präparate im Winter aber nur einige Zeit einer Temperatur von 29—30° R. aussetzen, so gelingt das wieder so gut wie bei Sommerfröschen. Noch mehr: Man stösst unter letzteren viel häufiger auf Präparate, welche „schwer ansprechen“; darunter verstehe ich solche, bei welchen es schwer hält, ganz kleine und leise Zuckungen zu erzielen. Schwächt man den Strom noch so sehr, so treten entweder immer gleich sehr heftige, gleichsam schleudernde Bewegungen auf, oder die Zuckung erfolgt immer erst nach dem zweiten, dritten oder vierten Pendelschlag, welcher die Kette schiesst, nie aber länger fort regelmässig mit dem Gang des Uhrwerkes. Genau dieselben Erscheinungen kehren fast constant im Winter bei Präparaten wieder, deren isolirte Nerven man in einer Wärme von 27° R. und darüber untersucht. Sie verschwindet

[1]) Henle und Pfeufers Zeitschrift für ration. Medicin. Bd. 1858 Ueber die functionelle Bedeutsamkeit der Nervenhüllen.

[2]) Denkschriften der kgl. bayr. Akademie der Wissenschaften Bd. XXXI pag. 542.

[3]) Denkschriften l. c. pag. 538.

sehr bald wieder, nachdem die Nerven in den kühleren feuchten Raum von 17° R. zurückgebracht sind.

Noch weiter erstrecken sich die Wirkungen der feuchten Wärme von 29—30° R. bis auf die feinsten Molekularverhältnisse der Nerven. Bekanntlich lassen sich diese nur mit sehr empfindlichen Multiplicatoren, wie sie Du Bois Reymond construirt hat, prüfen. Das hiesige physiologische Institut besitzt ein solches Berliner Instrument, und Herr Dr. Voit hatte die Güte, mich bei den jetzt zu erwähnenden Versuchen zu unterstützen, und die Beobachtungen gleichzeitig mit mir anzustellen. Das Geeignetste wäre, die ganze Zuleitungs-Vorrichtung mit dem aufgelegten Nerv gleichmässig zu erwärmen und den Gang der Nadel zu beobachten; allein an der Bedingung des „gleichmässig" muss, wie man sich leicht denken kann, die ganze Operation scheitern. Es kommt sehr zu Statten, dass die Wirkung der Wärme noch einige Zeit nach der wieder erfolgten Abkühlung des Nerv andauert, was die Reizversuche ergeben haben. Wir experimentirten deshalb folgendermaassen: Nachdem wir uns von der vollkommenen Gleichartigkeit der ganzen Vorrichtung überzeugt hatten, wurde der frisch präparirte Nerv so aufgelegt, dass er mit einer Schleife den Raum zwischen den beiden mit Eiweishäutchen gedeckten Zuleitungsbäuschen überbrückte. Der Bogen der Schleife lag immer auf dem rechten, die scharfen Schnitte der beiden Schenkel auf dem linken Zuleitungsbausch auf. Der Ausschlag durch den Strom des frischen Nerven war dann immer östlich. Bekanntlich verhält sich im ruhenden Nerven die Oberfläche oder der Längsschnitt positiv gegen den Querschnitt. Bei Schliessung des Kreises durch den Bausch wurde der Ausschlag durch den Polarisationsstrom der Controle wegen jedesmal in's Auge gefasst. Sofort kam der Nerv in den feuchten Raum der Vorrichtung, dessen Luft im Mittel auf 32° R. temperirt war. In diesem Raum stand ein kleiner Glascylinder, welcher oben einen Knopf aus Eiweisshäutchen gebildet trug; darauf wurde der Nerv gelegt. Von Zeit zu Zeit, nach 1, 2, 3, 4 Minuten Aufenthalt in dem feuchtwarmen Raum, wurde er herausgenommen und in der früheren Weise entweder mit angefrischten Schnitträndern oder mit den alten Querschnitten über die Vorrichtung gebrückt. Wir konnten jedoch keinen wesentlichen Unterschied in den Erfolgen wahrnehmen, ob das Eine oder Andere geschah. War der Einfluss der Temperatur einmal bemerklich geworden, so kam der Nerv in einen feuchten Raum von 9 — 10° R. und wurde dann wieder von Zeit zu Zeit aufgelegt und geprüft. Bei dieser

nicht zu ändernden Methode der unterbrochenen Beobachtung ist man natürlich gezwungen, sich nicht an einen einzelnen Versuch, sondern an eine Reihe von Versuchen zu halten und sich für die Bestimmung der Zeitmomente mit Mittelwerthen zu begnügen, welche übrigens aus sehr nahe beisammenliegenden Zahlen gezogen werden konnten. Die Grösse der Ausschlagswinkel ist irrelevant, sie hängt zu sehr von der individuellen Güte des Instrumentes und von der Auflagerungsweise ab, welche unmöglich in zwei Versuchen so ganz genau gleichgemacht werden kann, dass die Grösse der Ausschlagswinkel ein Interesse bieten würde. Das Wichtige und allein Brauchbare in den Beobachtungen liegt in der Richtung des Nervenstromes. Wir hatten bei dem frischen Nerven und unserer stets sich gleichbleibenden Anlegung von Längs- und Querschnitt immer östliche Ablenkung. Bei 33° Temperatur im feuchten Raum durften die Nerven höchstens 2 Minuten der Wärme ausgesetzt bleiben, um noch die gleiche Ablenkungsrichtung zu erzeugen. Bei 30° Temperatur im feuchten Raum war eine Zeit von höchstens 3 Minuten gestattet. Ueber diesen Termin hinaus wurde in der nächsten Zeit die Ablenkung 0. Nach 4,6 Minuten im Mittel war sie ohne alle Ausnahme westlich geworden, der Ausschlag durch den Polarisationsstrom östlich. Wurde jetzt der Nerv in den kühlen feuchten Raum von 9 — 10° R. gebracht, so zeigte sich in den entscheidenden Fällen im Mittel nach 6 Minuten wieder die östliche Ablenkung, und es liess sich dieselbe in früheren Zeitabschnitten manchmal auf ihrem Durchgang durch den Nullpunkt ertappen, d. h. man fand an demselben Nerv eine Zeit vorher die westliche Ablenkung sehr schwach, dann gar keine, und schliesslich wieder die östliche Ablenkung.

Es sind dies entscheidende Versuche, welche gegenüber anderen, sogleich zu erwähnenden Resultaten, an Gewicht nicht einbüssen. Bei einer geringeren Empfindlichkeit des Instrumentes oder bei einer grösseren Flüchtigkeit der Ströme, welche ja bekannt genug ist, kann es kommen, dass man die zweite Stromumkehr nicht mehr zur Wahrnehmung bringt. Das Letzte, was man beobachtet, ist dann der gänzliche Mangel einer Ablenkung. Die unvermeidlichen Nebenumstände aber, nämlich ein geringer Grad des Wasserverlustes bei wiederholtem Wechseln des Aufenthaltortes der Nerven, ferner das bekannte rasche Sinken der Nervenreizbarkeit gerade in der Nähe des Schnittendes, verhindert in ungünstigeren Fällen die Rückkehr in die ursprüngliche Ablenkung. Wo aber die doppelte Umkehr der Stromrichtung zur Wahrnehmung kam, fiel sie zeitlich sehr

genau mit den aus der obigen Versuchsreihe erkennbaren Wechseln der Zuckungsform zusammen.

„Die Summe dieser Thatsachen lässt erkennen, dass in „allen Theilen des Nerv bei einer Temperatur von 27—30° R. „eine wesentliche Veränderung vor sich geht. Ihre Folge ist „Verminderung der Reizbarkeit, oder was dasselbe ist: geringere „Leistungsfähigkeit, Trägheit, Erschlaffung in der Bewegung des „Präparates. Rückkehr zur mittleren Temperatur von 12—17° R. „bringt Erhöhung der Reizbarkeit, also grössere Leistungsfä„higkeit und Beweglichkeit des Präparates hervor."

Die schwächsten in aufsteigender Richtung den Nerv durchfliessenden unterbrochenen Ströme bewirken in der höheren Temperatur die umgekehrte Zuckungsform, welche in der mittleren Temperatur wieder in die normale ursprüngliche zurückkehrt. Der absteigend den Nerv durchfliessende Strom ändert seine Wirkung im Wechsel mit diesen beiden Temperaturen nicht.

Ich gehe jetzt zur zweiten Abtheilung von Versuchen mit den schwächsten Strömen über, welche man auf Nerven in niedrigeren Temperaturgraden (0° bis — 3° R.) wirken lässt.

III. Reihe.

Um die Kältegrade zu erzeugen, wird der Calorimeter mit Schnee und Kochsalz in allen seinen Theilen mit Ausnahme des obersten Raumes gefüllt, in welchem der Nerv über den Zuleitungsdrähten wie sonst herabhängt. Dort befinden sich nur Eisstücke, mit welchen er aber nicht in direkte Berührung kommt. Oberhalb der Schutzplatte, durch welche hindurch der Nerv in den kalten Raum gebracht ist, steht der aufgespiesste Unterschenkel senkrecht unter einer Glasglocke, welche mit Wasserdunst gefüllt ist und von aussen durch strahlende Wärme so weit temperirt erhalten wird, dass die Muskulatur nicht unter + 12° R. abkühlt, was der daneben aufgestellte, aus dem Hals der Glocke hervorragende Thermometer controliren lässt. Ein zweiter Thermometer steht unten im kalten Raum und giebt dessen Temperatur an. Massen schlechter Wärmeleiter umhüllen den ganzen Calorimeter und gestatten auch im geheizten Zimmer eine lange Fortsetzung der Versuche. Wird der Glasdeckel des Calorimeters mit sammt dem Präparat abgehoben, um den Nerv in einen Raum von 16—18° zu bringen, so wird der Erkältungsraum sofort mit einer grossen, über $1^1/_2$" dicken Eisplatte zugedeckt, um seine Erwärmung zu verhüten. Das Weitere des Verfahrens ist genau dasselbe, wie bei den Versuchen mit der feuchten

Wärme. Die nachstehende Tabelle bedarf daher keiner weiteren Erläuterung. Aus den Zeitangaben ersieht man, wann jedesmal der Wechsel der Temperatur hergestellt worden.

Versuch 1.

Reizung mit aufsteigendem Strom; Kälte = 0° R.

Zeit.	Rheostat für Temp. 0°.	Natur der Zuckung.	Rheostat für + 15° R.	Natur der Zuckung.
4h 52′			14	Schliessung.
52,5′	19	Schliessung.		
54′	Spontane Krämpfe.			
55,5′	16			
58′	79	Oeffngs.-Zuckgen.		
59′	ganz seltne spontane Kr.			
5h 0′	113	Oeffnung.		
0,5′	119,5	Oeffnung.		
1,5′	109	Oeffnung.		
2,5′			spont. Krämpfe (schwach)	
3,5′			69	Schliessung.
6′			135,5	Oeffng. u. Schliess.
12′			101,5	Schliessung.
17′			101,5	Schliessung.
20′	87,5	Oeffng. u. Schliess.		
20,5′	spont. Zckgn. beginnen.			
22,5′	90,5	Schliessung.		
24′	113	Schliessung.		
26′	136	Schliessung.		
27′	154	Oeffng. u. Schliess.		
30′	372	Oeffng. u. Schliess.		
30,5′	sehr heftige spontane. Kr.			
32′		Klonisch. Krämpfe.		
35′	160	Oeffnung.		
38′		Tetanus.		
43′		Heftigster Tetanus.		
47′			noch Tetanus.	
48′			Klonische Krämpfe.	
50′			0	Oeffng. u. Schliess.
52′			keine spont. Zckgn. mehr.	
53′			62,2	Schliessung.
58′			70	Schliessung.

Zeit.	Rheostat für — 0° R.	Natur der Zuckung.	Rheostat für + 15° R.	Natur der Zuckung.
6h 8′			44	Schliessung.
11,5′	114	Oeffnung.		
12′	154	Oeffnung.		
13,5′	267	Oeffnung.		
15′	484	Oeffnung.		
17,5′	428	Oeffnung.		
24′			in die Wärme.	
26′			160	Schliessung.
27′			160	Schliessung.
33′			80	Schliessung.
38′			58	Schliessung.
41,5′	76	Schliessung.		
43,5′	82	Schliessung.		
49,5′	50	Schliessung.		
53,5′	50	Schliessung.		
59′	14	Schliessung.		
7h 0′	in die Wärme.		in die Wärme.	
3,5′			20	Schliessung.
10′			20	Schliessung.

u. s. w.

Versuch 2.

Reizung mit aufsteigendem Strom; Kälte — 1° R.

5h 29′			22	Schliessung.
30,5′	in die Kälte.			
31′	4	Schliess. u. Oeffng.		
31′40″	16	Oeffng. u. Schliess.		
32′40″	16	Oeffng. u. Schliess.		
33′56″	20	Oeffnung.		
35′	24	Oeffnung.		
36′	28	Oeffnung.		
37′	28	Oeffnung.		
38,5′	32	Oeffnung.		
41′			in die Wärme.	
41,5′			0	Schliessung.
45′10″			8	Schliessung.
48′			36	Schliessung.
49,5′			43,5	
50′30″	in die Kälte.			
51′20″	64	Oeffnung.		

Zeit.	Rheostat für -1^0 R.	Natur der Zuckung.	Rheostat für $+16^0$ R.	Natur der Zuckung.
5^h 52′10″	84	Oeffnung.		
53′10″	85	Oeffnung.		
54′40″	87	Oeffnung.		
56′40″	90	Oeffnung.		
59′			in die Wärme.	
59′30″			21,5	Schliessung.
4^h 1′30″			20	Schliessung.
3′20″			26,5	Schliessung.
5′30″			37	Schliessung.
7′30″			30	Schliessung.
8′	in die Kälte.			
8′30″	40,5	Schliessung.		
10′	48	Oeffnung.		
11′40″	51	Oeffnung.		
13′40″	45,5	Oeffnung.		
15′30″	47	Oeffnung.		
17′30″	53	Oeffnung.		
20′30″	57	Oeffnung.		
21′50″			in die Wärme.	
23′			17,6	Schliessung.
25′50″			22	Schliessung.
26′30″			24	Schliessung.
27′45″			27,5	Schliessung.
31′			27	Schliessung.
36′20″			27	Schliessung.
36′45″	37	Schliess. u. Oeffng.		
38′5″	43	Oeffnung.		
39′10″	44	Oeffnung.		
40′	42	Oeffnung.		
41′15″	44,5	Oeffnung.		
42′20″	42	Oeffnung.		
43′10″	45	Oeffnung.		
45′	42	Oeffnung.		
45′25″	42	Oeffnung.		
45′50″	42	Oeffnung.		
47′55″			18	Schliessung.
49,30″			20	Schliessung.
54′			25	Schliessung.

u. s. w.

Versuch 3. Reizung mit aufsteigendem Strom; Kälte — 2° R.

Zeit.	Rheostat für — 1° R.	Natur der Zuckung.	Rheostat für + 16° R.	Natur der Zuckung.
7h 3′			51	Schliessung.
6′			75	Schliessung.
7′30″	155	Oeffnung.		
12′30″	84	Oeffnung.		
12′15″			8	Schliessung.
13′30″	24	Schliessung.		
15′	60	Oeffnung.		
16′	90	Oeffnung.		
16′25″			8	Schliessung.
17′5″			8	Schliessung.
18′25″	72	Oeffnung.		
18′15″			8	Schliessung.

u. s. w.

Versuch 4. Reizung mit aufsteigendem Strom; Kälte — 2° R.

5h 52,5′			35	Schliessung.
54′30″			35	Schliessung.
54′40″	52	Schliessung.		
56′10″	53	Schliessung.		
58′	47	Schliessung.		
59′50″	45	Oeffng. u. Schliess.		
6h 1′25″	46	Oeffng. u. Schliess.		
3′	37	Oeffng. u. Schliess.		
4′50″	32	Oeffng. u. Schliess.		
10′	31	Oeffng. u. Schliess.		
7′	31	Oeffnung.		
7′10″			16	Oeffng. u. Schliess.
8′40″			19	Oeffng. u. Schliess.
9′40″			24	Schliessung.
9′50″	46	Schliessung.		
11′10″	39	Schliessung.		
12′40″	36	Schliessung.		
13′40″	32	Schliessung.		
15′15″	23	Schliessung.		
16′45″	20	Schliessung.		
19′20″	23	Oeffng. u. Schliess.		
22′30″	17	Oeffnung.		
23′5″			11	Oeffng. u. Schliess.
25′50″			15,5	Schliessung.
26′10″			16	Schliessung.

u. s. w.

Versuch 5. Reizung mit aufsteigendem Strom; Kälte — 3° R

Zeit.	Rheostat für — 3° R.	Natur der Zuckung.	Rheostat für + 16° R.	Natur der Zuckung.
4h 13'5"			84,5	Schliessung.
15'35"	145	Schliessung.		
17'20"	123	Schliessung.		
19'	123	Schliessung.		
19'50"	135	Schliessung.		
20'15"	133	Schliessung.		
22'15"	114	Schliessung.		
25'	91	Oeffnung.		
25'20"	81	Oeffnung.		
26'	75,5	Schliessung.		
29'			43	Schliessung.
31'10"			55,5	Schliessung.
31'50"			57	Schliessung.
33'			45,5	Schliessung.
34'30"			54	Schliessung.
34'55"	68	Schliessung.		
36'30"	65	Schliessung.		
38'20"	45	Schliessung.		
39'20"	41	Schliessung.		
41'	41	Schliessung.		
42'30"	35	Schliessung.		
43'15"			30	Schliessung.
45'			39	Schliessung.

Diese Versuchsreihe lehrt, dass die Reizbarkeit der Nerven höchstens bei den ersten Wechseln mit Temperaturen von 0 bis — 1° R. in den ersten Momenten der Abkühlung etwas sinken kann; ist der Raum aber noch weiter erkältet, bis — 2° oder — 3° R., so findet jedesmal eine plötzliche Steigerung statt. Diese dauert eine längere Zeit an; bei etwas geringeren Kältegraden im Mittel 9 Minuten bei 0 und — 1° R.; kaum etwas über eine Minute bei — 2° R.; bei — 3° R. nur ganz momentan. Im Ganzen wird auch in den ersteren Fällen die Zeit der Steigerung kürzer, je öfter man die Temperatur wechselt.

Kommt der Nerv aus der Kälte zurück in die Wärme von 15 — 16° R., so sinkt jedesmal momentan die Reizbarkeit, um aber sofort wieder langsam zu wachsen. Die Abnahme dauert höchstens 1 — 1,5 Minuten und tritt ein, die Reizbarkeit mag durch die Kälte eben noch in ihrer Steigerung, oder schon in ihrer Verminderung begriffen gewesen sein.

Auch hier geben die Rheostatenstände einen sehr genäherten Werth für die wirklichen Reizbarkeitsgrade. Denn verkleinert sich auch durch die Kälte der Querschnitt der Nerven etwas, so wird dies durch den dabei wachsenden Leitungswiderstand in Beziehung auf die Stromdichte im Nervenstück sehr nahezu compensirt, so dass das R. der obigen Formel nur sehr wenig von der unmittelbar beobachteten Differenz der Rheostatenablesungen abweicht.

Auch bei diesem Wechsel der Reizbarkeit kehrt sich die Zuckungsform für den aufsteigenden Strom um; doch geschieht dies bei den Temperaturen von 0^0 bis -3^0 R. noch nicht so ganz präcis, wie bei noch tieferen Kältegraden und Temperaturen von $+29-30^0$ R. Sehr genau und meist momentan wird aber die durch die Kälte erwirkte Oeffnungszuckung durch $+15^0$ R. wieder in die ursprüngliche Schliessungszuckung zurückgeführt. Es kann der erstere Umstand auch theilweise von der Methode abhängen, bei welcher zur Erhaltung des gleichen Ortes, an welchem gereizt wurde, wie oben erwähnt, der ganze Glasteller mit sammt dem Präparat und der Stromzuführenden Vorrichtung bald über den einen, bald über den anderen Raum gebracht wurde. Möglich, dass dadurch die Abkühlung nicht rasch genug vor sich ging; wenigstens haben andere Versuche mit Temperaturen von $+1$ bis $+3^0$ R. eine sehr präcise Umkehr der Zuckungsform hervorgerufen, wobei jedoch darauf verzichtet werden musste, dass der Nerv ganz genau an denselben Stellen immer wieder gereizt wurde. Ich benützte dazu zwei gedeckte Räume mit feuchter Luft; in jedem befanden sich die Elektroden gleichweit vom Deckel abstehend und von gleicher Spannweite. Im einen Raum war die Luft $15{,}8^0$ R., im andern im Mittel $+2^0$ R. Das aufgespiesste Präparat kam nun mit seinem Nerv bald in den einen, bald in den anderen Raum. Der Nerv musste natürlich immer von Neuem über die Elektroden gebrückt werden. Gereizt wurde je mit dem schwächsten aufsteigenden Strom. Die Ergebnisse waren folgende:

Im kalten Raum	12	Minuten lang:	Oeffnungszuckung
im warmen Raum	13	Minuten lang:	Schliessungszuckung
im kalten Raum	8	Minuten lang:	Oeffnungszuckung
im warmen Raum	11	Minuten lang:	Schliessungszuckung
im kalten Raum	3	Minuten lang:	Oeffnungszuckung
im warmen Raum	6	Minuten lang:	Schliessungszuckung

und zwar traten die Aenderungen jedesmal schon innerhalb der 1 — 2 Minuten ein.

Es darf also als sicher stehend betrachtet werden, dass für den aufsteigenden Strom die Zuckungsform umschlägt, wenn der Nerv rasch genug einer Temperatur von + 3° R. und weniger ausgesetzt wird, nachdem er sich vorher kürzere oder längere Zeit in einer Temperatur von 15° — 17° R. aufgehalten hatte. Der absteigende Strom zeigte auch hier keine Aenderung der ihm eigenthümlichen Zuckungsform, welche für den frischen Nerv gilt.

Da es in den bisherigen Versuchen nie zum Gefrieren des Nerven kam, da der Schmelzpunkt des Fettes weit über der Temperatur von 15° R liegt, von welcher ausgegangen wurde, so muss allein die Verdichtung des Gewebes als die Ursache für die Aenderung der Reizbarkeit angesehen, zugleich aber behauptet werden, dass dieselbe nicht weit vorschreiten kann, ohne sie, statt sie zu erhöhen wie im ersten Moment, bald zu vermindern, was in den Verhältnissen der mechanischen Druckwirkung auf den Nerven[1]) seine Analogie findet.

Stellen wir die Ergebnisse in einfacherem Gewand hin, so zeigt sich:

„Rasche Abkühlung des Nerv in feuchter Luft von 15° R. „an gerechnet bringt, wenn die Umgebung des Nerv höchstens „noch + 3—4° hat, und herab bis zu — 3° R. plötzliche „Steigerung der Reizbarkeit, also grössere Erregbarkeit und „Leistungsfähigkeit hervor, welche aber bei wachsendem Ein„fluss der Abkühlung um so rascher in Verminderung, also „in Trägheit und geringere Leistungsfähigkeit umschlägt, je „tiefer die Temperatur der Umgebung ist. Plötzliche Rück„kehr des Nerv in die höhere Temperatur von 15° R. ver„mindert jederzeit, aber nur momentan, die Reizbarkeit, wirkt „also erschlaffend und um so mehr lähmend, je mehr die „Erregbarkeit vorher in der Kälte schon gesunken war. Der „Nerv erholt sich aber in der Wärme wieder und zwar um „so mehr und leichter, je weniger tief seine Reizbarkeit in „der Kälte gesunken war.“

In Temperaturen über 32—35° R. kann das bisherige Verfahren keine Anwendung mehr finden, weil die Reizbarbarkeit zu schnell sinkt, als dass der Gang ihrer Abnahme genauer verfolgt werden könnte.

---

[1]) cf. meine oben citirte Abhandlung in Henle und Pfeufers Zeitschrift für rationelle Medicin.

Die

zweite Abtheilung

von Versuchen wurde deshalb mit den stärksten tetanisirenden Strömen angestellt, um die Frage zu erledigen: in welchen Momenten ist die letzte Spur von Reizbarkeit der Nerven temporär oder für immer vernichtet und wann kehrt, wenn es überhaupt wieder möglich ist, der geringste Grad von Erregbarkeit im feuchten Raum von mittlerer Temperatur (15—17° R.) wieder zurück? Meine Untersuchungen hierüber erstrecken sich einerseits bis + 77° Cels., andererseits bis — 15° R.

Vom praktischen Gesichtspunkt aus ist die Geschwindigkeit, mit welcher der Scheintod eintritt, noch wichtiger als die, mit welcher der vollständige Tod sich einstellt. Denn bleiben die Nerven über die Zeit hinaus in der Temperatur, welche den Scheintod herbeigeführt hatte, so sterben sie jedenfalls ab, und zwar um so früher vollständig, je schneller sie scheintodt geworden waren.

Hiebei kam es nicht mehr so ganz genau darauf an, die Reizung an derselben Stelle zu machen, geschah sie nur immer sehr nahe derselben, so musste sich bei der Uebermacht der angewendeten Ströme der Einfluss der Temperaturen und ihres Wechsels doch sicher und rein zeigen. Die Methode war demgemäss folgende. An dem Du Bois'schen Schlitten wurde die Rolle ganz hineingeschoben, der primäre Strom durch Grove'sche Becher, mit den stärksten Säuren gefüllt, hergestellt; Schlitten und Batterie auf dicken Glasplatten vollkommen isolirt, alle Drähte frei in der Luft zu dem Standort des ersten Paares von Elektroden geführt; dieser befand sich im feuchtwarmen Luftraum des Calorimeters. Der letztere selbst war isolirt. Dort ging von jeder Elektrode wieder ein Draht frei durch die Luft zu der entfernteren zweiten Vorrichtung: einem mit Wasserdunst vollkommen gesättigten Luftraum von + 15—17° R. Durch den Glasdeckel des Gefässes hiefür ragte das zweite Paar von senkrecht über einander gestellten Elektroden herab. Das Gefäss selbst stand wieder auf dicken Glasplatten. Der primäre Strom konnte beliebig mit einer ebenfalls sorgfältig isolirten Vorrichtung unterbrochen werden. Da in den beiden verschieden temperirten Räumen die Spannweite der Elektroden gleich gross, und die obere jedes der beiden Paare dieselbe Entfernung von dem Stachel des Stativs hatte, an welchem der Unterschenkel aufgespiesst war, so musste, wenn der frei herabhängende Nerv von der Seite her gegen sie hingeschoben wurde, bis er anlag, wenigstens immer genau in der gleichen Höhe gereizt werden. Da-

bei hatte man den Vortheil des raschesten Wechsel der Temperatur, weil keine Zeit für Abkühlung oder Erwärmung des Glastellers und der Elektroden verloren ging, und auch die Temperatur der Räume sich nicht durch Strahlung von grösseren Flächen her wesentlich ändern konnte. Erwähnt muss noch werden, dass der Nerv immer in dem Canal der Schutzplatte eingelschlossen war, welche die Temperaturschwankung in der Nähe der Muskeln des Unterschenkels auf sehr enge Grenzen einschränkte.

Die

IV. Reihe

von Experimenten, welche zunächst mitgetheilt werden soll, bezieht sich auf die Wirkungen höher temperirter feuchter Luft und des Wechsels zwischen diesen höheren und den mittleren (15—17° R.) Wärmegraden.

Dauer der Einwirkung.	Temperatur. R.	Bemerkung über die Zuckungen.
Versuch I.		
18′55″	39,4°	schwach.
20′55″	40°	schwach.
24′55″	41°	schwach.
30′55″	41,5°	nur noch im tibialis.
32′55″	41,5°	nicht mehr.
1′	17°	keine Zuckung.
0″	41,5°	zuckt sogleich.
2′	41,5°	nicht mehr.
5″	17°	nicht.
2″	41,5°	schwach.
1′53″	17°	zuckt nicht.
1′58″	48°	zuckt nicht.
6′55″	17°	zuckt wieder.
Versuch II.		
4′10″	40°	zuckt nicht mehr.
10″	16,5°	zuckt nicht.
2′10″	16,5°	zuckt nicht.
1′	39,5°	zuckt nicht.
6′	16,5°	zuckt wieder.
Versuch III.		
28′10″	40°	zuckt noch.
1′	17°	zuckt noch.
30″	40°	zuckt noch.
30″	17°	zuckt nicht mehr.
30″	40°	zuckt nicht.
50″	40°	zuckt wieder.
10″	17°	zuckt nicht.
20″	40°	zuckt wieder.
10″	17°	zuckt nicht.
15″	40°	zuckt wieder.
10″	17°	zuckt nicht.
20″	40°	zuckt wieder.
20″	17°	zuckt nicht.
15″	40°	zuckt wieder.
4′15″	40°	zuckt nicht mehr.
	17°	bleibt reizlos.
Versuch IV.		
10″	41°	zuckt noch.
3′55″	41°	zuckt nicht mehr.
30″	16,5°	zuckt nicht.
1′30″	16,5°	zuckt nicht.
14′	16,5°	zuckt wieder.
Versuch V.		
3′55″	42°	zuckt noch.
5′22″	42°	zuckt nicht mehr.
20″	16,5°	zuckt wieder.
20″	42°	zuckt schwach.
50″	42°	zuckt stark.
1′35″	42°	ganz schwach.
1′50″	42°	nicht mehr.
20″	16,5°	zuckt nicht.
9′30″	16,5°	zuckt wieder.
Versuch VI.		
1′30″	42°	zuckt schwächer.
2′45″	42°	zuckt nicht mehr.
15″	16,5°	zuckt wieder.
25″	41,5°	zuckt heftig.
1′35″	41,5°	zuckt nicht mehr.

Dauer der Einwirkung.	Temperatur. R.	Bemerkung über die Zukungen.
Versuch VII.		
1′20″	43,5°	zuckt schwach.
1′35″	43,5°	nicht mehr.
15″	17°	zuckt lebhaft.
25″	43,5°	zuckt.
40″	43,5°	zuckt nicht mehr.
45″	17°	zuckt wieder.
45″	43,5°	zuckt noch.
1′50″	43,5°	zuckt schwach.
4′15″	44°	zuckt noch.
4′35″	44°	reizlos, völlig todt.
Versuch VIII.		
4′	43°	zuckt nicht mehr.
45″	16,5°	zuckt wieder.
30″	42,5°	zuckt noch.
50″	42,5°	zuckt nicht mehr.
25″	16,5°	zuckt wieder.
1′10″	16,5°	zuckt nicht mehr.
18′30″	16,5°	zuckt wieder.
Versuch IX.		
1′20″	42°	zuckt nicht mehr.
20″	17°	zuckt wieder.
25″	42°	zuckt sehr stark.
1′45″	17°	zuckt nicht mehr.
20″	42°	zuckt wieder.
45″	42°	zuckt schwach.
1′40″	42°	zuckt nicht mehr.
10″	17°	zuckt wieder.
30″	43°	zuckt.
1′35″	43°	zuckt nicht mehr.
15″	17°	zuckt nicht.
1′	43,5°	zuckt wieder.
2′	44°	zuckt nicht mehr, ganz abgestorben.
Versuch X.		
5″	45°	zuckt schwach.
35″	45°	zuckt nicht mehr.
40″	17°	zuckt nicht wieder.
35″	45°	zuckt wieder.
25″	17°	zuckt noch.
15″	44°	zuckt nicht mehr.
5″	17°	zuckt nicht.
50″	43,5°	zuckt nicht, vollständig abgestorben.
Versuch XI.		
5″	50°	zuckt nicht mehr.
40″	17°	zuckt sehr stark.
15″	50°	zuckt noch.
1′10″	50°	zuckt noch.
1′30″	50°	zuckt nicht mehr.
20″	17°	zuckt lebhaft.
30″	50°	zuckt nicht.
10″	17°	zuckt nicht.
45″	17°	zuckt nicht wieder.
15″	50°	zuckt nicht.
40″	50°	zuckt nicht.
10″	17°	zuckt.
20″	17°	zuckt schwach.
35″	17°	zuckt stark.
15″	50°	zuckt kaum.
25″	17°	zuckt sehr lebhaft.
1′35″	17°	zuckt noch.
2′ 5″	17°	zuckt noch.
30″	50°	zuckt.
1′20″	50°	zuckt nicht mehr.
30″	17°	zuckt sehr lebhaft.
40″	50°	zuckt stark.
1′15″	50°	zuckt nicht mehr.
15″	17°	zuckt nicht.
35″	17°	zuckt nicht.
2′ 5″	17°	zuckt schwach.
20″	51°	zuckt sehr stark.
30″	51°	zuckt nicht mehr.
10″-30″	17°	zuckt nicht.
5″-20″	51°	zuckt zunehmend stark.
40″	51°	zuckt nicht mehr, auch nicht in 17°; ist ganz abgestorben.
Versuch XII.		
0,3″	51,5°	zuckt nicht mehr.
10″	18°	zuckt nicht.
1′10″	51,5°	zuckt heftig.
1′30″	51,5°	zuckt nicht mehr.
15″	18°	zuckt.
1′ 5″	51,5°	zuckt noch.
2′ 5″	51,5°	zuckt nicht mehr.
10″	18°	zuckt nicht.
40″	51,5°	zuckt sehr stark.
1′30″	51,5°	zuckt sehr schwach.
40″	18°	zuckt.
45″	51,5°	zuckt.
1′ 5″	51,5°	zuckt schwach.
2′40″	51,5°	zuckt nicht mehr, ganz reizlos.

Dauer der Einwirkung.	Temperatur. R.	Bemerkung über die Zuckungen.
Versuch XIII.		
5″	51,5°	zuckt nicht mehr.
10″	17,5°	zuckt heftig.
25″	51,5°	zuckt nicht mehr.
10″	17,5°	zuckt nicht mehr.
20″	51,5°	zuckt wieder.
35″	51,5°	zuckt noch.
40″	51,5°	zuckt nicht mehr.
20″	17,5°	zuckt nicht.
35″	17,5°	zuckt nicht.
5″	51,5°	zuckt heftig.
20″	51,5°	zuckt noch.
40″	51,5°	zuckt nicht mehr.
10″-45″	17,5°	zuckt nicht.
10″-20″	51,5°	zuckt nicht.
15″	17,5°	zuckt schwach.
30″	51,5°	sehr lebhaft.
40″	51,5°	zuckt noch.
45″	51,5°	nicht mehr.
10″	17,5°	sehr schwach.
45″	17,5°	lebhafter.
20″-50″	51,5°	zuckt nicht mehr, auch nicht mehr an freier Luft, ist ganz abgestorben.
Versuch XIV.		
20″	59,5°	zuckt nicht mehr.
3″	17°	zuckt wieder.
7″	59.5°	zuckt lebhaft.
12″	59,5°	zuckt nicht mehr.
1′25″	17°	zuckt lebhaft.
1′27″	17°	nicht mehr.
10″	59,5°	nicht mehr.
20″	59,5°	schwach.
25″	59,5°	nicht mehr.
15″	17°	zuckt.
20″	17°	zuckt nicht mehr, auch bei keinem weiteren Wechsel von höherer u. niederer Temperatur. Der Nerv ist ganz abgestorben.
Versuch XV.		
5′	60,8°	noch keine Krämpfe; Nerv völlig todt.

Dauer der Einwirkung.	Temperatur. R.	Bemerkung über die Zuckungen.
Versuch XVI.		
10″	62°	zuckt nicht mehr.
10″-30″	17°	zuckt nicht mehr.
10″	62°	zuckt lebhaft.
30″	62°	noch.
1′30″	62°	zuckt schwach.
1′35″	62°	nicht mehr.
5″	17°	nicht mehr.
25-1′5″	61,5°	keine Zuckung, Nerv ganz abgestorben.
Versuch XVII.		
0′ 5″	63,2°	spontane Krämpfe.
20″	17°	reizlos.
20″	63,2°	spontane Krämpfe.
10″	17°	reizbar.
20″	63,2°	spontane Krämpfe.
50″	17°	reizlos.
15″	63,2°	keine Krämpfe.
15″	17°	bleibt ganz reizlos.
Versuch XVIII.		
	64,8°	sogleich einige ganz schwache spontane Zuckungen und Tod des Nerven.
Versuch XIX.		
0,5″	61,6°	keine Zuckung.
55″	61,6°	Beginn sp. Krämpfe.
5″	17°	sehr zeizbar.
15″	61,6°	spontane Krämpfe.
15″	17°	sehr reizbar.
25″	61,6°	spontane Krämpfe.
40″	61,6°	keine Krämpfe mehr.
25″	17°	sehr reizbar.
10″-35″	61,6°	keine Krämpfe.
20″-35″	17°	nicht wieder reizbar.
20″-40″	60,8°	keine spont. Krämpfe.
1′10″	17°	sehr reizbar.
30″ - 1′	60,8°	keine spont. Krämpfe.
5″	17°	sehr reizbar.
25″-55″	60,4°	keine spont. Krämpfe.
5″	bei 17° und ferner	nicht mehr reizbar, ganz abgestorben.
Versuch XX.		
	65,6°	sogleich einige ganz schwache spontane Zuckungen und Tod des Nerven.

Die Absicht dieser ganzen Versuchsreihe war, diejenige Temperaturgrenze festzustellen, an welcher eine auffallende

Beschleunigung im Eintritt des Scheintodes herbeigeführt wird. Die hier nicht mitgetheilten Vorversuche hatten gezeigt, dass es hiefür in ähnlicher Weise einen Sprung giebt, wie wir ihn im Früheren für das erste rasche Sinken der Reizbarkeit aufgefunden hatten- Eine zweite plötzliche Aenderung im Nerven, durch welche viel schneller als bei einigen Temperaturgraden tiefer der Scheintod herbeigeführt wird, gab durch das überraschende Resultat der Voruntersuchungen Veranlassung von einer gewissen Temperaturgrenze an, langsamer zu steigen, um diesen Punkt schärfer zu umgrenzen. Deswegen beginnt obige Aufzeichnung gleich mit Temperaturen von 39—40° R. und geht langsam bis 45° R. fort. Es ergiebt sich, dass man bis zu 43,5° R. die Temperatur steigern darf, um den Eintritt des Scheintodes erst in einer ganzen Minute oder später erfolgen zu sehen; von 43° R.—50° R. aber reichen schon wenige Sekunden, im Durchschnitt 5″ hin, denselben herbeizuführen.

Schon flüchtige Beobachtungen an Nerven, welche auch nur kurze Zeit solchen Temperaturgraden ausgesetzt gewesen waren, reichen hin, zu überzeugen, dass sich die physikalischen Eigenschaften des Nervengewebes dabei sehr wesentlich geändert haben. Was zunächst auffiel, war eine grosse Brüchigkeit und leichte Zerstörbarkeit des ganzen Nerven hei mechanischem Druck oder Zug. Die Nerven rissen bei der leisesten Zerrung, waren schmierig wie Butter beim Zerdrücken, was sehr leicht gelang, und es blieb nur zu untersuchen, ob sich mit mechanischen Hülfsmitteln in ähnlicher Weise ein plötzlicher Uebergang von dem einen Zustand in den anderen nachweisen liesse, wie dies der plötzliche Eintritt des Scheintodes bei engbegrenzten Temperaturen vermuthen liess.

Die experimentelle Aufgabe bestand darin, den Nerv mit Gewichten zu dehnen, die Dehnungsgrade genau zu beobachten und den Moment zu bestimmen, in welchem der einer gewissen Temperatur ausgesetzte Nerv durch ein Gewicht zerrissen wird, welches er im frischen Zustand noch leicht zu tragen vermag. Alle diese Aufgaben konnten gleichzeitig an ein und demselben Nerv gelöst werden, wenn man an ihn im warmen Raum ein Gewicht hing, welches er anfänglich sehr leicht tragen konnte, die Temperatur steigerte und bis zum Zerreissen des Nerv die fortschreitende Dehnung beobachtete. So war man davor gesichert, durch Stösse beim Auflegen der Gewichte u. dergl. Aenderungen zu erzeugen, welche von anderen als denjenigen Bedingungen abhingen, deren Einfluss man eben kennen lernen wollte.

Der Calorimeterraum war mit einem doppelt durchbohrten Glasdeckel geschlossen und verlängerte sich von da aus in zwei

senkrecht darauf gestellte Glasröhren von 1″ Durchmesser und c. 4″ Höhe. In der Fortsetzung der Axe des einen befand sich, an einem Bleiklotz befestigt, ein kleiner Bügel von Messingdraht. Eine sehr leichte olivenförmige Klemme, welche in ihrem aus zwei Längshälften zusammengesetzten Canal das eine Nervenende aufnahm und festhielt, konnte in den Messingbügel eingehakt werden, so dass dann der aufgehängte Nerv in der Axe jenes Glascylinders durch Zug nach oben gedehnt wurde. Mit der Mitte der ganzen Länge des Nerv in gleicher Höhe befand sich in dem daneben stehenden zweiten Glascylinder, welcher über dem anderen Loch im Glasdeckel des Calorimeterraums aufgestellt war, ein Thermometer. Beide Glascylinder waren so viel als möglich oben geschlossen, unten sassen sie fest auf dem Glasdeckel auf. Eine zweite kleine Klemme sass fest an einem 4″ langen Stahlstängelchen. In sie kam das andere Ende des Nerven. Die Präparation des Nerv geschah so, dass man den Nerv zuerst oberhalb des Kniees aufsuchte, eine kurze Strecke frei legte, abschnitt und in der kleinen Klemme befestigte; dann wurde der Nerv oberhalb seines Austritts aus dem Becken blosgelegt, abgeschnitten und in der am Stahlstäbchen befestigten Klemme eingepresst. Schliesslich wurde der Nerv längs seines ganzen übrigen Verlaufes blosgelegt, alle seine Aeste abgeschnitten und, mit der oberen Klemme herausgehoben, seine Länge gemessen.

Sobald dies geschehen war, wurde er mit der unteren Klemme voran in den Calorimeterraum versenkt, diese unten in dem Messingbügel eingehackt, das Stahlstäbchen in der senkrechten Axe eines kleinen Universalgelenkes befestigt, welches selbst an dem einen Arm eines Waagbalkens hing. Dieser Arm trug natürlich keine Schaale, sondern nur der andere. Vor dem Einhängen des Nerv war der Waagbalken bereits so äquilibrirt worden, dass der Balken horizontal stand, wenn die ganze Klemmvorrichtung auf der einen Seite hing.

Mit dem Arm, an welchem letztere angebracht wurde, stand ein Fühlhebel in Verbindung, dessen Bewegung vor einem Gradbogen, mit dem Fernrohr abgelesen, noch 0,049 Millimeter geradlinige Dehnung des Nerv mit aller Schärfe anzeigte. So wie der Nerv eingehängt war, und zwar so, dass die Waage wieder genau einspielte, wurde der Stand des Index notirt, dann vorsichtig ein Gewicht auf die Waagschaale gelegt, und nun nach der Uhr der fortschreitende Gang der Dehnung infolge der elastischen Nachwirkung und der Wärme notirt. Die Wahl des Gewichtes ist natürlich ziemlich willkührlich; nur musste ein solches genommen werden, welchem

der Festigkeitsmodulus der frischen Nerven sicher widersteht. Die Rissgewichte für Nerven von verschiedenem Querschnitt waren 50—60—70 Grmm. Zu unseren Versuchen wählte ich ein für allemal 20 Grmm., nur ausnahmsweise wurden etwas grössere Gewichte angewendet. Bei dieser

V. Reihe

von Versuchen musste man sich vor Allem ein Bild von dem Gang der elastischen Nachwirkung ohne Mithülfe höherer Temperaturen verschaffen. Der Calorimeterraum hatte nur eine Temperatur von 15°, aber seine Luft war, wie in allen anderen Versuchen, vollkommen mit Wasserdampf gesättigt. Das Resultat war Folgendes:

Erste Verlängerung beim Auflegen von 20 Grmm. = 6% der ursprünglichen Länge.

Fortlaufende Zeit.	Zeit-Differenz in Minuten.	Verlängerung des Nerv in Procenten.	Procentische Verlängerung pro Sekunde in der Zeit-Differenz.
5h 13′	0	6	
14′	1	7	0,01666
15,5′	1,5	7,6	0,0066
16′	0,5	7,8	0,006
17,5′	1,5	8	0,0022
20′	2,5	8,2	0,0012
22′	2	8,3	0,0008
25′	3	8,5	0,0011
28′	3	8,7	0,0011
32,5′	4,5	8,9	0,0007
35′	2,5	9	0,0006
38′	3	9,1	0,0005
41,5′	3,5	9,2	0,0004
45′	3,5	9,28	0,0003
48′	3	93	0,0001

u. s. w.

Abstrahirt man von der kleinen Schwankung während der 20—22. Minute, so zeigt sich mit vollkommener Klarheit eine mit der Zeit fortschreitende Abnahme in der dehnenden Wirkung des Gewichtes, wie es im physikalischen Begriff der elastischen Nachwirkung auch schon liegt. Combinirt sich mit dieser der Einfluss der feuchten Wärme, so wird sich aus Vergleichung dieser Reihe mit denen bei höheren Temperatu-

ren angestellten am unzweideutigsten eben jener Einfluss der Wärme erkennen lassen. Am instructivsten ist es, wenn man mit niedrigeren Temperaturgraden beginnt und während der Nerv aufgehängt und belastet ist, die Wärme nicht allzurasch steigert. Voran stehe ein Beispiel, in welchem die Temperatur auf- und abgeschwankt hat.

Versuch I.

Erste Verlängerung beim Auflegen von 20 Grmm. = 10,8 %.

Fortlaufende Zeit.	Temperatur. R.	Zeit-Differenz in Minuten.	Procentische Verlängerung des Nerv.	Procentische Verlängerung pro Secunde in der Zeit-Differenz.
3h 44,5′	36,5°	0	10,8	
46′	37°	1,5	11,6	0,0088
50,5′	36,6°	4,5	12	0,0015
53,5′	33°	3,5	12,6	0,0028
55,5′	31,8°	2,5	12,9	0,002
59′	32°	3,5	13,4	0,0023
4h 1,5′	32°	2,5	13,7	0,002
5,8′	32,2°	4,3	14,2	0,0019
1 ′	31,5°	5,2	14,6	0,0012
1 ′	31,5°	3	14,8	0,0011
1 ′	32°	4	15	0,00093
21,2′	33,5°	3,2	15,2	0,001
25′	34,3°	3,8	15,34	0,00015
27′	34,7°	2	15,6	0,002
30,5′	35,6°	3,5	15,8	0,00095
37′	36,6°	6,5	16,2	0,001
40′	37,8°	3	16,4	0,0011
41,5′	38,4°	1,5	16,6	0,0022
42,7′	38,8°	1,2	16,8	0,0027
45′	39,4°	2,3	16,9	0,0007
46,5′	39,9°	1,5	17,2	0,0021
49′	40,6°	2,5	17,4	0,0013
50,5′	41°	1,5	17,6	0,0022
52′	41,5°	1,5	17,8	0,0022
53,5′	44,5°	1,5	18	0,0022
54′	44,5°	0,5	18,4	0,013
54,5′	Nerv abgerissen.			

Versuch II.

Verlängerung durch 25 Grmm. 5,5 %.

Fortlaufende Zeit.	Temperatur. R.	Zeitdifferenz inMinuten.	Procentische Verlängerung des Nerv.	Procentische Verlängerung pro Secunde in der Zeitdifferenz.
27′	27°	0	5,5	0
30′	29°	3	6,7	0,006
31,5′	36°	1,5	7,9	0,013
32,5′	38,5°	1	8,5	0,01
34,5′	41°	2	9,1	0,05
36′	40°	1,5	10	0,01
38′	44°	2	13	0,025
38,4′	44,5°	Nerv abgerissen.		

Versuch III.

Verlängerung durch 20 Grmm. 7,5 %.

Fortlaufende Zeit.	Temperatur. R.	Zeitdifferenz inMinuten.	Procentische Verlängerung des Nerv.	Procentische Verlängerung pro Secunde in der Zeitdifferenz.
6h 31′	33°	0	7,5	0
34,5′	37°	3,5	8,5	0,0047
36,5′	37,5°	2	8,7	0,0016
46′	38,1°	9,5	9,7	0,0017
49,5′	39°	3,5	10	0,0014
52′	40°		11	durch Auflegen von weiteren 5 Grmm.
53′	41,2°	1	11,5	0,005
56,5′	44°	3,5	11,7	0,0009
57′	44,2°	0,5	12	0,01
7h 0,5′	46°	3,5	12,2	0,0009
3,5′	46°	3	12,5	0,0016
5′	48°	1,5	13	0,0055
5,3′	48,4°	0,3	13,5	0,27
7′	48,5°	1,7	14,2	0,006
8′	48,5°	Nerv abgerissen.		

Versuch IV.

Verlängerung durch 20 Grmm. 8,4 %.

Fortlaufende Zeit.	Temperatur. R.	Zeitdifferenz in Minuten.	Procentische Verlängerung des Nerv.	Procentische Verlängerung pro Secunde in der Zeitdifferenz.
11′	39°	0	8,4	0
16,5′	39,7°	5,5	8,8	0,0012
21′	42,7°	4,5	9	0,00074
23,5′	43,2°	2,5	9,4	0,0026
25′	44,1°	1,5	9,7	0,0033
26,5′	44,2°	1,5	9,8	0,0011
30′	44,3°	3,5	10	0,0009
31,5′	44,3°	1,5	10,1	0,001
33′	46°	1,5	10,3	0,003
41,5′	46,2°	8,5	10,5	0,00038
50,5′	49,5°	9	10,7	0,00037
56,5′	50,3°	6	10,9	0,00055

Der Nerv reisst bei Belastung mit 30 Grmm.

Versuch V.

Verlängerung durch 20 Grmm. 8,6 %.

Fortlaufende Zeit.	Temperatur. R.	Zeitdifferenz in Minuten.	Procentische Verlängerung des Nerv.	Procentische Verlängerung pro Secunde in der Zeitdifferenz.
12′	24°	0	8,6	0
13,5′	27°	1,5	9,3	0,0033
16′	33°	2,5	9,6	0,002
19′	33°	3	9,8	0,001
21′	35°	2	10,3	0,003
22,5′	36,2°	1,5	10,5	0,002
23′	37°	0,5	10,6	0,0033
25,5′	38,5°	2,5	10,8	0,0013
28′	40°	2,5	11	0,0013
33,5′	43°	5,5	11,3	0,0009
39′	50°	5,5	12	0,0021

Der Nerv reisst bei 25 Grmm. Belastung.

Versuch VI.

Verlängerung durch 20 Grmm. = 10,4 %.

Fortlaufende Zeit.	Temperatur. R.	Zeitdifferenz in Minuten.	Procentische Verlängsrung des Nerv.	Procentische Verlängerung pro Secunde in der Zeitdifferenz.
1′	44°	0	10,4	0
1,5′	44°	0,5	11,2	0,026
2,5′	45°	1	11,6	0,006
4′	46°	1,5	12,2	0,006
4,5′	46,6°	0,5	12,4	0,006
6′	47,5°	0,5	12,6	0,006
7′40″	48°	1,5	13,2	0,006
9′	48,5°	1,5	13,6	0,004
10,5′	49°	Der Nerv reisst ab.		

Versuch VII.

Verlängerung durch 20 Grmm. = 7,1 %.

Fortlaufende Zeit.	Temperatur. R.	Zeitdifferenz in Minuten.	Procentische Verlängerung des Nerv.	Procentische Verlängerung pro Secunde in der Zeitdifferenz.
37′	43°	0	7,1	0
39′	43°	2	7,5	0,0033
41,5′	47°	2,5	8,2	0,0046
42,5′	47,5°	1	8,5	0,005
44,5′	47,5°	2,5	9,1	0,0046
46′	48°	1,5	9,2	0,001
52′	48°	6	9,5	0,0008
53′	48,3°	1	10,3	0,013
54′	49°	Der Nerv reisst ab.		

Versuch VIII.

Verlängerung durch 20 Grmm. = 4,4 %.

Fortlaufende Zeit.	Temperatur. R.	Zeitdifferenz in Minuten.	Procentische Verlängerung des Nerv.	Procentische Verlängerung pro Secunde in der Zeitdifferenz.
6^h 52′	36^0	0	4,4	0
54′	$36,5^0$	2	4,8	0,003
55,5′	37^0	1,5	5,5	0,007
56,5′	38^0	1	5,8	0,005
57,5′	39^0	1	6,2	0,006
7^h 0′	41^0	2,5	6,5	0,002
1′	42^0			
2′	43^0	2	6,9	0,0033
4′	44^0	2	7,5	0,005
6,5′	46^0	2,5	7,9	0,0026
8,5′	$46,5^0$	2	8,2	0,002
12,5′	$47,5^0$	4	8,6	0,001
16′	48^0	Der Nerv reisst ab.		

In dieser Versuchsreihe, welche ungefähr den dritten Theil der überhaupt in Beziehung auf diesen Gegenstand gemachten Beobachtungen enthält, habe ich die Beispiele so ausgewählt, dass man alle in der Natur der Sache gelegenen Möglichkeiten, welche sich dabei geltend machen können, repräsentirt findet. Weiter als es geschehen ist, lassen sich nicht leicht die Versuche auf einander reducirt darstellen, will man nicht auf Ueberwindung technischer Schwierigkeiten mehr Zeit verwenden, als dem gegenüber nothwendig ist, was für den gegenwärtigen Fall allein interessiren kann. Was unterblieb war die Messung der Querschnitte in jedem Moment, in welchem der Dehnungsgrad bestimmt wurde. Dadurch würde sich nach den bekannten Regeln der für jeden Moment geltende Elasticitätsmodulus und schliesslich der Festigkeitsmodulus haben rechnen und die gefundenen Grössen alle unter einander direkt vergleichen lassen.

Wie nun aber auch immer die jeweiligen Querschnitte wechseln mochten, an sich konnte dadurch das Wesentliche an dem Gang der elastischen Nachwirkung im Allgemeinen nicht geändert werden. Sehen wir deren Curve ohne Beihülfe der Wärme anfänglich rasch, dann immer langsamer und langsamer sich der Abscissenaxe der Zeit nähern, so

zeigt sich wenn der Nerv erwärmt wird, ohne zugleich auszutrocknen, ausnahmslos eine wesentliche Aenderung in der Curve der elastischen Nachwirkung, und zwar schon bei Temperaturen von 27—30°. Ob diese Aenderung plötzlich eintritt, was nach den oben bezeichneten Erfahrungen vorauszusetzen ist, und bei welchem Wärmegrad habe ich nicht untersucht, da es mir bei diesen Versuchen auf den zweiten Wendepunkt der Cohäsion ankam.

Die eben besprochene Aenderung, welche die Curve der elastischen Nachwirkung erfährt, lässt sich in ihrem Gegensatz zu der mittleren (wie wir diejenige nennen wollen, welche bei den mittleren Temperaturgraden von 14—17° R. gewonnen worden) am Besten aus dem Versuch VI ersehen. Hier läuft sie mit Ausnahme des kurzen Anfang- und Endstückes genau parallel mit der Abscissenaxe der Zeit fort. So sehr dieses specielle Ergebniss auch von der Concurrenz mehrfacher Bedingungen, Querschnitt, Gewicht, Temperaturgrad und vor Allem von der Geschwindigkeit ihrer Aenderung und deren Richtung abhängt, so liegt darin doch das Wesentliche der Wirkung höherer Temperaturgrade überhaupt, in Folge dessen ein Gewicht immer höhere und höhere Grade der Dehnung und Verlängerung herbeiführt, dass also einem angehängten Gewicht das erwärmte Gewebe nicht mehr einen mit der Zeit wachsenden Widerstand entgegenzustellen vermag. Das Nervengewebe wird also bis zu Temperaturgraden von 30—49° R. dehnsamer, weicher. Dabei wird zugleich *während* der Erwärmung und der Temperatursteigerung der Gang der mittleren Elasticität in der Mehrzahl der Fälle perturbirt, so zwar dass es je nach der Geschwindigkeit der Aenderung in den einzelnen Momenten zu Schwankungen kommt, in Folge dessen sich hie und da temporär neue Gleichgewichtslagen geltend machen, wie dies bei elastischen Gebilden überhaupt vorkommt, wenn sie nach und nach mit immer grösseren Gewichten belastet werden. Ich habe vor längerer Zeit schon [1]) auf diese Eigenthümlichkeit der elastischen organischen Gewebe aufmerksam gemacht und sie wurde auch ganz unabhängig von meinen Untersuchungen später von Technikern an anorganischen Körpern aufgefunden [2]).

Abgesehen also von der vorhin bezeichneten fundamentalen Aenderung der mittleren Curve durch die feuchte Wärme be-

---

[1]) Handwörterbuch von R. *Wagner* Artikel Stimme.
[2]) *Pauli* Kunst- und Gewerbeblatt. 1853.

dingen die Nebenumstände nur zufällig einen Gang, welcher sich mit jener an Regelmässigkeit messen könnte.

In der gewöhnlichen Temperatur vermag jederzeit der Schenkelnerv der rana esculenta und der mittelgrossen Sorte von r. temporaria 20 Grm. sicher zu tragen ohne zu reissen, sein Querschnitt mag innerhalb der an ihm vorkommenden Grenzen noch so sehr schwanken; denn das Rissgewicht für ihn ist je nach dem Quorschnitt 50—60—70 Grm. Viele dieser Nerven reissen aber durch einen Zug von 20 Grm., wenn die Temperatur ihrer Umgebung bis zu einer gewissen Höhe gestiegen ist. Sie müssen nicht alle dabei reissen, weil dies ausser von der Erwärmung auch noch von ihrem Querschnitt abhängt, und die Wahl des Gewichtes eine willkührliche ist. Bei der Möglichkeit, dass Nerven in gewissen Temperaturen durch 20 Grm. zerrissen werden, muss, wenn dies der Querschnitt verhindert, an demselben Punkt, an welchem Nerven mit kleinerem Durchmesser wirklich reissen, bei jenen mit grösserem Querschnitt in dem Gang der elastischen Nachwirkung nothwendig eine auffallende Aenderung eintreten.

Untersuchen wir zuerst die Fälle, in welchen der Nerv durch 20 Grm. wirklich gerissen ist, so finden wir als mittlere Temperatur für den Moment des Reissens

48,08° R.

Dabei kann es kommen, dass nur ganz kurz, bevor der Nerv reisst, eine plötzliche und sehr bedeutende Zunahme der Dehnung bemerkbar wird (I., II., V. und VII. Versuch), oder es geht diesem Moment eine oft beträchtliche Abnahme in der elastischen Nachwirkung voraus, welche in der Regel verhältnissmässig lange anhält.

Mag der Nerv durch das Gewicht von 20 Grm. wirklich zerreissen oder erst bei etwas grösseren Gewichten, immer findet sich in der Reihe der procentischen Dehnungen eine Temperatur, bei welcher ihre Zahl plötzlich auffallend steigt und zwar:

in Versuch I bei 49,5°, in Versuch II bei 41°, in Versuch III bei 44,2°, in Versuch IV bei 44,3°, in Versuch V bei 50°, in Versuch VI erfolgt das Zerreissen momentan bei 49°, in Versuch VII liegt jener Punkt bei 48,3°, in Versuch VIII reisst der Nerv plötzlich bei 48°. Diese Zahlen liegen so nahe beisammen, dass man als Mittel daraus die Temperatur von 46,8° R. zu nehmen berechtigt ist und von ihr behaupten darf, dass bei ihr die Cohäsion des Nerv eine plötzliche Aenderung erfahre. Nun sahen wir oben, dass zwischen den

Wärmegraden von 45—50° R., im Mittel also von 47° R., eine im Vergleich mit etwas tieferen Temperaturen auffallende Beschleunigung im Eintritt des Scheintodes erfolgt. Wir finden also abermal eine überraschende Coincidenz der Veränderung in dem Aggregatzustand und der Leistungsfähigkeit der Nerven. Ich meine auch deswegen überraschend, weil diese Uebereinstimmung bei dem Experiment selbst nicht sofort erkennbar, erst durch die Berechnung hervortrat.

Mit dieser plötzlichen Aenderung der Cohäsion bei 47° R. geht eine nicht minder auffallende in der Transparenz des ganzen Nerven vor sich. Sie wurde auch hier nach der oben angegebenen Methode bestimmt. Die Durchsichtigkeit verhielt sich im Mittel bei den bis zu 48° R. erwärmten Nerven im Vergleich zu demselben bei 15° R. wie

1:1,18

Dabei waren die Querschnitte im Verhältniss von 1:1,24 gewachsen. Verminderung der Durchsichtigkeit mit Vergrösserung des Querschnittes lässt sich sehr gut mit einer Lockerung des Gewebes in Einklang bringen.

Es fragt sich nun weiter, welcher Gewebsbestandtheil am meisten hiebei betheiligt ist.

Die Veränderung der Transparenz bei Nerven, welche sammt ihrem Neurilem der Wärme ausgesetzt worden waren, im Vergleich zu solchen, welche nach meiner Methode aus dem Neurilem herausgezogen worden, gaben schon Fingerzeige. Dort hatte sich z. B. die Tranparenz im Verhältniss von 1:1,21 geändert, hier nur im Verhältniss von 1:15. Noch entschiedner zeigte sich das Neurilem, als dasjenige Gewebe, welches zunächst brüchig geworden war, bei der Untersuchung der Nervenenden an der Rissstelle. Schon mit blossem Auge nahm man wahr, dass in der Axe des Cylinders ein kleiner Conus von c. $^1/_2$ Millim. hervorragte. Bei schwachen Vergrösserungen zeigte sich, dass dieser nur aus den Primitivfasern bestand, das Neurilem dagegen ziemlich scharf abgesetzt hinter der Basis des kleinen Kegels begann. Dies Bild kann nicht anders gedeutet werden als so, dass das Neurilem schon zerrissen war, ehe die Nervenfasern durch den Zug vollends getrennt werden konnten. Die letzteren dehnten sich also noch weiter aus ehe sie rissen, und ragten deshalb über dem bereits abgerissenen Neurilem mit ihren Enden hervor.

Die Veränderungen bleiben aber nicht etwa auf das Neurilem beschränkt. Wohl zeigen die Fasern keine Spur einer vorausgegangenen längeren Dehnung, sind in der Nähe der Rissstelle nicht ausgezogen, so dass etwa die Nervenscheide

stellenweise einen dünnen Faden darstellte, und der Inhalt partiell verdrängt gewesen wäre, sondern sie erscheinen kurz abgerissen, aber beträchtlich verdickt; ihre doppelten Conturen sind sehr scharf, breit; auch die bekannten Figuren der sogenannten Markscheide sind sehr dunkel gezeichnet oder krümlig; ausserhalb der Fasern findet sich freies Fett tropfenweise in Menge. Hat man Nerven aus ihrem Neurilem herausgezogen und sind diese dann, vermöge ihres Querschnittes, eben noch im Stand 20 Gramm zu tragen, so reissen sie auch in der Wärme von 49° R. nicht, was doch sicher erfolgen müsste, wenn in den Primitivfasern jene plötzliche Lockerung aufträte, in Folge dessen ein Gewicht nicht mehr getragen werden kann, dem die Cohäsion des Nerv mit seinem Neurilem bei 15° R. fast nur das 3—4fache überlegen ist.

Die in der feuchten Wärme von 48° R. erlangte Vergrösserung der Weichheit bleibt an dem ganzen Nerven auch noch sehr wahrnehmbar, nachdem er wieder abgekühlt ist. Ich habe dies mit einem Apparat geprüft, welcher nach dem Princip der Drehwaage construirt ist.

An dem in einem Glascylinder feucht gehaltenen Nerv hängt eine lange aber leichte Magnetnadel; sie spielt über einem Kreis mit Spiegelunterlage. Der Stab, an welchem das obere Ende des Nerv fixirt ist, geht durch die Axe eines kleinen massiven Cylinders, in welchem er durch eine Stellschraube festgehalten wird. Der Cylinder trägt zugleich den Nonius, welcher bei seiner Drehung über den Torsionskreis von 4″ Durchmesser bewegt wird. Rechtwinklig auf den magnetischen Meridian ist ausserhalb des ganz geschlossenen Apparates eine getheilte Latte horizontal aufgestellt, auf welcher mittelst eines Schlittens ein Stahlmagnet verschoben werden kann. Hängt der Nerv so, dass die Nadel im Meridian sich eingestellt hat, so wird ihr der Magnet genähert, bis eine bestimmte Ablenkung erzielt ist, dann wird der Zapfen und damit der Nerv so lange gedreht, bis die Nadel wieder im Meridian steht, und die Grösse der dazu erforderlichen Torsion am Kreis abgelesen. War dies bei dem frischen Nerven geschehen, so wurde die Magnetnadel ausgehängt, der Nerv kam in den feuchtwarmen Raum von 44—46° R. 6 bis 10 Minuten lang; dann wurde er herausgenommen, die Nadel wieder eingehängt und auf die nämliche Weise wie früher die Torsion bestimmt.

Im Mittel hatte man dann die Drehung im Verhältniss von 1 : 1,3 weiter zu treiben als vorher um die Nadel wieder

in den Meridian, bei gleicher Entfernung des Magnet, zurückzudrängen.

Daraus ergiebt sich der Schlusssatz:

„Bei 47° R. (im Mittel) liegt ein zweiter Wendepunkt im „Einfluss der feuchten Wärme auf die Nerven. Er charakte„risirt sich durch die auffallend grosse Geschwindigkeit, mit „welcher der Scheintod herbeigeführt wird und ist von einem „plötzlichen Wechsel im Aggregatzustand der Substanz begleitet, „welcher die optischen Eigenschaften aller Gewebtheile und „die Cohärenz des Neurilems wesentlich verändert, zugleich „eine Verdickung von Faser und Scheide wie bei der Quellung „erzeugt. Abnahme der Transparenz, plötzliche Verminderung „des Festigkeitsmodulus der Scheide, Vergrösserung des Quer„schnittes sind der äussere Abdruck dieser inneren Verände„rungen."

Verfolgt man an der IV. Versuchsreihe die Wirkungen, welche der Temperaturwechsel von 16—17° R. einerseits und 40—60° R. andererseits hervorbringt, so ergeben sich auch dabei Erscheinungen, welche mit den praktischen Erfahrungen am Gesammtorganismus leicht in Einklang zu bringen sind.

Nur in seltenen Fällen wird der durch die Wärme erzeugte erstmalige Eintritt des Scheintodes nicht sofort wieder in der niedrigeren Temperatur gehoben. Fast immer verschwindet er, sobald man den Nerv in die kühlere Luft zurückgebracht hat. Je öfter aber die Wärme bis zu wiederholtem Eintritt des Scheintodes eingewirkt hat, desto seltner gelingt die sofortige Wiederbelebung durch die kühlere Luft; ihr belebender Einfluss macht sich jedoch auch dann, wenn in ihr die Reizbarkeit noch nicht wieder zurückgekehrt ist, dadurch geltend, dass sie in dem Nerv einen Zustand hervorruft, in Folge dessen neue Anwendung der Wärme sofort den Scheintod löst, und bewirkt, dass die Reizbarkeit dann auch in der kühleren Luft andauert (cf. Vers. XII).

Je längere Einwirkung für den erstmaligen Eintritt des Scheintodes von der höheren Temperatur verlangt wird, wie in den Versuchen I—IV, desto geschwinder tritt er bei den späteren Einwirkungen derselben Temperatur wieder ein. Umgekehrt bei den höheren Wärmegraden. Je schneller dadurch der erstmalige Eintritt des Scheintodes war herbeigeführt worden, desto länger und zwar oft in steigender Progression wenigstens bis zu einer gewissen Grenze hin, darf dann später dieselbe Temperatur wiederholt einwirken, bis der Scheintod sich einstellt so z. B.

	bei 50° R.	bei 51° R.	bei 42° R.
I.	Eintritt des Scheintodes nach 5″	nach 0, 3″	nach 20″
II.	„ „ „ „ 2′10″	„ 1′30″	„ 1′40″
III.	„ „ „ „ 1′20″	„ 2′50″	„ 1′55″
IV.	„ „ „ „ 1′15″	„ 2′40″	„ 2′
V.	„ „ „ „ 30″		
VI.	„ „ „ „ 40″		

Wenn die Wiederbelebung durch die kühlere Luft nach der Einwirkung der Wärme abgewartet wird, so tritt sie, je öfter der Wechsel vorkommt, um so später ein; dies erklärt sich einfach aus der zunehmenden Erschöpfung; die andere Thatsache aber, dass der Nerv beim zweiten oder dritten und vierten Mal durch die höheren Wärmegrade später in Scheintod verfällt als das erste Mal, ist eine Erscheinung, welche am Gesammtorganismus unter dem Begriff der Gewöhnung geläufig, bei dem aus allem Stoffwandel herausgerissenen und isolirten Nerv aber frappiren muss. Will man für diesen auch noch das Wort „Gewöhnung“ gelten lassen, so ist zu sagen, dass er sich an die höheren Wärmegrade von 42—51° R. leichter gewöhnt als an die etwas tieferen.

Es mag dahingestellt bleiben ob im letzteren Fall durch die längere Einwirkung der geringeren Wärme tiefer greifende Veränderungen herbeigeführt werden als durch die kürzere Einwirkung bei höheren Wärmegraden, eine bewiesene Erklärung des Phänomens dürfte vorläufig noch nicht möglich sein. Mit den thatsächlichen Erscheinungen der Ermüdung und Restauration, welche sich ebenfalls an isolirten Nerven beobachten lässt, verhält es sich ebenso; ein anderes Beispiel für die Möglichkeit, dass er sich an einen Reiz gewöhnen könne, ist mir wenigstens gegenwärtig nicht erinnerlich, und ich lasse deswegen auch die Frage offen, ob das eben berührte Phänomen wirklich unter dem Begriff der Gewöhnung zu subsumiren ist. Soll mit dem Worte „Gewöhnung“ überhaupt ein Begriff verbunden sein, so kann man von dem beobachteten Phänomen der Gewöhnung nur auf gewisse Veränderungen schliessen, welche durch einen Reiz hervorgebracht werden, und wobei diese Veränderungen so geartet sind, dass derselbe Reiz später nicht mehr so erfolgreich wirkt wie anfänglich. In unserem Fall zeigt sich auch, dass in höheren Temperaturgraden die Cohäsion des Neurilems wieder etwas zunimmt, eine Schrumpfung eintritt, welche die später zu betrachtenden Phänomene der Krämpfe vorbereitend hier noch als blos erregendes Moment wirkt, und den Eintritt des Scheintodes hinausschiebt.

Die letzte Epoche der Wärmewirkung, welche in unmittelbarer Nähe des 62. Grades R. liegt und sich durch das Auftreten spontaner Krämpfe charakterisirt, wird bei Betrachtung desselben Phänomens durch die Kälte zur Sprache kommen.

VI. Reihe.

In sehr niedrigen Temperaturgraden lässt sich die bisherige Methode der Reizung aus mehreren Gründen nicht mehr in Anwendung bringen. Man kann nur im engen Raume die Luft, so tief als beabsichtigt wird, erniedrigen, und deswegen auch nicht mehr bequem die Application der Nerven an den Elektroden bewerkstelligen. Ausserdem hätte es immer etwas Gewagtes sie an ihnen angefrieren zu lassen, was doch geschehen würde. Ausserdem aber treten in der tiefen Kälte sehr schnell die spontanen Zuckungen und Krämpfe ein, welche sich nicht mehr von den Folgen der Reizung unterscheiden liessen. Ich habe deshalb mein Augenmerk auf letztere allein gerichtet und den Nerv nur auf elektrischem Weg ausserhalb des kalten Raumes geprüft.

Den Calorimeter ersetzte mir bei diesen Versuchen ein Bottich mit c. $^1/_4$ Centner Eis und Schnee. In dieser Eismasse stand ein eisernes Gefäss von c. $^3/_4$' Durchmesser mit Schnee und Kochsalz gefüllt. In der Mitte dieser Masse befand sich ein kleineres Glassgefäss mit derselben Mischung, und in diesem endlich ein 4'' langes Messingrohr, unten geschlossen, oben in einem durchbohrten Glasteller eingefügt von $^1/_2$'' Durchmesser. Der Nerv war von dem dazugehörigen Unterschenkel in gewöhnlicher Weise durch die gläserne Schutzplatte getrennt; seine Muskulatur im freien Raum des Zimmers unter einer Glocke, deren Luft durch strahlende Wärme wenig von der Temperatur des Zimmers an Wärme verlor. Vor und nach dem Versuch wurde ein Thermometer bis zu der Tiefe in die Messingröhre versenkt, welche der halben Länge des Nerv entsprach, und aus beiden Beobachtungen das Mittel gezogen.

I. Versuch.

Temperatur — 8° R.

Nach 30 Secunden beginnen die Krämpfe und dauern:

2 Minuten.

In der Luft von 15° R. zuckt die Muskulatur, wenn der Nerv durch aufsteigendem Strom gereizt wird, beim Schliessen der Kette.

Die Reizbarkeit ist nach 6 Minuten noch nicht erloschen.

II. Versuch.

Temperatur — 9° R.

Nach 20 Sekunden beginnen die Krämpfe sehr lebhaft. 10 Minuten bleibt der Nerv in der niedern Temperatur und ist steif gefroren beim Herausnehmen.

Nach 5 Minuten Aufenthalt in 15° R. Wärme zuckt die Muskulatur wieder bei Reizung mit dem Strom eines Grove'schen Bechers und zwar beim Schliessen der Kette.

Nach 2 Stunden 22 Minuten ist er noch in dieser Temperatur reizbar.

III. Versuch.

Temperatur — 9,5° R.

Nach 50 Sekunden beginnen die Krämpfe, werden 20 Sekunden später klonisch und sehr heftig, gehen nach 30 Sekunden in Tetanus über.

Nach 2 Minuten 25 Sekunden Aufenthalt in der Kälte kommt das Präparat während des heftigsten Tetanus in die feuchte Wärme von + 15° R., sofort verschwindet der Tetanus. Starke Inductionsströme erzeugen noch Zuckungen. Nach 40 Sekunden kommt der Nerv wieder in die Kälte. Nach 2'5" erfolgen vereinzelte stossweisse Zuckungen, welche sich in einer Minute wenige Male wiederholen.

Er kommt in die feuchte Wärme von + 15° R., bleibt darin 7'15" und zeigt sich noch reizbar. Aufs Neue in die Kälte gebracht, bleiben die Krämpfe aus. Nach 3 Minuten wieder in die feuchte Wärme von + 15° R. gebracht, ist und bleibt er darin vollkommen unerregbar durch die stärksten Inductionsströme.

IV. Versuch

Temperatur — 10° R.

Nach 16 Sekunden beginnen die Krämpfe, welche sich in 39 Sekunden zum Tetanus steigern. Während des Tetanus kommt das Präparat in die feuchte Wärme von + 15° R. Die Krämpfe verschwinden sehr schnell. Der Nerv ist noch reizbar. Er kommt zurück in die Kälte; nach 45 Sekunden beginnen erst wieder Krämpfe in den Tarsusmuskeln. 20 Sekunden später treten lebhafte klonische Krämpfe auf. Nach 2 Minuten Aufenthalt in der Kälte kommt er in die Temperatur von + 15° R. und ist noch reizbar. Er kommt zurück in die Kälte. Erst nach 3'15" treten ganz vereinzelte stossweise spontane Zuckungen auf; 25" später ist das ganze Präparat in Ruhe. Noch bleibt der Nerv 25 weitere Sekunden

in der Kälte, und erweist sich noch unmittelbar darauf in der Wärme von + 15° R. reizbar. Der Nerv kommt aufs Neue in die Kälte, bleibt darin eine Minute; zeigt sich am unteren Ende in + 15° R. noch reizbar. 10 Minuten 10″ bleibt er in der feuchten Wärme und reizbar, kommt in die Kälte zurück. Es treten keine Krämpfe mehr auf, und nach 5 Minuten Aufenthalt in der Kälte ist er gänzlich abgestorben.

V. Versuch.

Temperatur — 11° R.

Nach 25 Sekunden treten die Krämpfe ein, welche nach 6 Minuten sehr schwach werden.

Nach 13 Minuten Aufenthalt in der Kälte erweist sich der Nerv noch reizbar; zurückgebracht in die Kälte treten nach 5 Minuten keine Krämpfe wieder ein. In der feuchten Wärme von + 15° R. ist er nach 2 Minuten reizbar; 10 Minuten später aber völlig abgestorben.

Dieser Aufzeichnung zufolge wird man jetzt auch leicht deren abgekürztere Form für die übrigen Versuche leicht übersehen können.

VI. Versuch.

Temperatur — 12° R.

Dauer des Aufenthaltes in der Kälte.	in der Wärme von + 15° R.	Bemerkungen.
25″		Beginn der Krämpfe.
2′ 5″		noch reizbar.
	20″	noch reizbar.
1′20″		keine Krämpfe treten ein, noch reizb.
1′40″		keine Krämpfe, nicht mehr reizbar.
	1′	wieder reizbar.
1′45″		keine Krämpfe, nicht mehr reizbar.
	30″	wieder reizbar.

VII. Versuch.

Temperatur — 12° R.

Dauer des Aufenthaltes in der Kälte.	in der Wärme von + 15° R.	Bemerkungen.
30″		Beginn heftiger Krämpfe, Tetanus.
1′30″		klonische Krämpfe.
2′		nur noch vereinzelte stossweise Zuckungen.
2′10″		hie und da in den kleinen Tarsusmuskeln.
3′		keine Krämpfe mehr.

VIII. Versuch.

Temperatur — 13° R.

Dauer des Aufenthaltes in der Kälte.	Dauer des Aufenthaltes in + 15° R. Wärme.	Bemerkungen.
0, 1″		spontane Zuckungen.
30″		noch Krämpfe.
	0,	sogleich Zuckung.
	15″	durch den Inductionsstrom, keine Krämpfe.
25″		klonische Krämpfe.
1′25″		heftige klonische Krämpfe.
3′55″		noch sehr reizbar.
10″		keine Krämpfe, noch reizbar.
20″		keine Krämpfe, noch reizbar.
2′		keine Krämpfe.
	25″	noch reizbar.
1′40″		keine Krämpfe.
	35″	noch reizbar.
2′20″		keine Krämpfe.
	10″	noch reizbar.
1′40″		keine Krämpfe.
	15″	noch reizbar.
2′30″		keine Krämpfe, nicht mehr reizbar.
	25″	wieder reizbar.
	40″	noch reizbar.
4′ 5″		keine Krämpfe.
	30″	noch reizbar.
3′50″		keine Krämpfe, nicht mehr reizbar, völlig abgestorben.

Der Nerv war im Ganzen 23′ in der Kälte und jedesmal darin steif gefroren.

IX. Versuch.

Temperatur — 14° R.

Dauer des Aufenthaltes in der Kälte.	Bemerkungen.
15″	Beginn der Krämpfe.
1′55″	heftige klonische Krämpfe.
3′20″	schwache Krämpfe.
8′50″	kaum bemerkbare Convulsionen.
9′50″	vollkommen unerregbar.

X. Versuch.

Temperatur — 15° R.

Dauer des Aufenthaltes in der Kälte.	in der Wärme von + 15° R.	Bemerkungen.
5″		Beginn der Krämpfe.
35″		Tetanus.
	0	die Krämpfe hören auf, noch reizbar.
	20″	noch reizbar.
0		sofort Krämpfe.
50″		klonische Krämpfe.
	0	die Krämpfe hören auf, noch reizbar.
	35″	noch reizbar.
1′30″		keine Krämpfe.
	15″	noch reizbar.
3′		keine Krämpfe, nicht mehr reizbar.
	13′25″	wieder reizbar.
	27′	todt.

Da in dieser Versuchsreihe die scheinbar von selbst auftretenden Krämpfe (denn nur der Kürze wegen habe ich das Wort „spontan“ im Gegensatz zu den durch elektrische Reize hervorgerufenen Zuckungen gebraucht) als Ausdruck einer besonderen Wirkung der Kälte schärfer ins Auge gefasst worden sind, und diese Erscheinungen auf der entgegengesetzten Seite der Temperaturskala ebenfalls zu beobachten sind, so habe ich die Betrachtung derselben, gleichgültig ob durch Wärme oder Kälte erzeugt, auf diesen Ort verspart.

Ich glaube für die Muskelzuckungen bei Vertrocknung der Nerven den Beweis geliefert zu haben, dass die Krämpfe nicht Folge einer Veränderung des Wassergehaltes schlechthin sind, sondern dass sie bei einem gewissen Grad der Wasserverminderung durch entferntere oder mit dem Wasserverlust unvermeidlich verbundene Umstände erst zum Ausbruch kommen, durch andere Umstände von ihrem Auftreten abgehalten oder in ihrem Fortgang unterbrochen werden können.

Dies Phänomen der Muskelzuckungen bei hohen und niederen Temperaturen, welchen die Nerven ausgesetzt werden, ist schon vor 9 Jahren von Eckhard studirt worden. Obwohl er theilweise andere Methoden anwandte, stimmen unsere Resultate nahe zusammen. Für die höhere Temperatur fand er im Mittel 58° R. (extreme Grenzen 54°—60° R.) ich habe 63° als den Anfangspunkt gefunden. Die kleine Differenz mag davon herrühren, dass Eckhard Wasser, ich damit ge-

sättigte heisse Luft anwende. Wenn sich Imbibition und Wärmewirkung summirt, wie dies vorauszusetzen ist, so wird leicht das Mittel für den fraglichen Anfangspunkt der Zuckungen tiefer zu liegen kommen. Für den in der Skala auf der entgegengesetzten Seite liegenden Anfangspunkt der Zuckungen entscheidet nach Eckhard die Temperatur von — 5 bis 6° R. Ich habe keine besondere Reihe hierüber angestellt, nur sah ich die Zuckungen bei 0° R. schon auftreten, bei — 1 bis — 3° R. blieben sie wieder aus, von — 8° R. an waren sie unvermeidlich.

In allen Fällen war der Nerv dicht über dem Austritt aus dem Becken abgeschnitten.

Um vorläufig noch bei den äusseren Erscheinungen der Krämpfe stehen zu bleiben, so muss erwähnt werden, dass sich hier wie bei jenen, welche durch Vertrocknen der Nerven erzielt werden, die klonische Form von der mehr oder vollkommen tetanischen in gleicher Weise unterscheidet. Die erstere ist der Ausdruck entweder einer schwächeren Erregung also Folge eines geringeren Impulses, oder einer Erschöpfung, in Folge dessen die gleiche Quantität des Reizes nicht mehr dasselbe Maass der Kraft zu entwickeln im Stande ist, wie vorher. Die Beachtung dieser Unterschiede in der Zuckungsform scheint mir, wenn auch nicht in Zahlen ausdrückbar, doch noch immer geeigneter für Rückschlüsse auf gewisse Zustände in den Nerven als die Messung dessen, was der zuckende Muskel leistet. Ich habe gezeigt, dass die Kraft, welche ein Muskel im Tetanus bei Vertrocknung der Nerven entwickelt, verhältnissmässig gering ist. Eine einzige klonische Zuckung dagegen ist oft so ausgiebig, dass sie ein bedeutendes Gewicht emporschnellt und man würde unter Berücksichtigung von Geschwindigkeit und Masse des Gehobenen für sie zu einem der wirklichen und allgemeinen Leistungsfähigkeit oder Erregbarkeit des Nerv keineswegs entsprechenden Ausdruck kommen.

Wir finden, dass bei dem in der Wärme von c. 30° R. vertrocknenden Nerven von einem gewissen Stadium des Wasserverlustes an die mittlere Temperatur (15° R.) constant die Krämpfe neu hervorruft, während die trockne Wärme von 30° R. sie sofort sistirt.

Krämpfe, welche in der feuchten Wärme entstanden waren, hebt die mittlere Temperatur feuchter Luft schnell, oft momentan auf; die feuchte Wärme ruft sie mehrmal wieder hervor, verliert aber nach öfterem Wechsel die Kraft. Krämpfe, welche in der feuchten Kälte entstanden waren, werden eben-

falls und auch bei durch und durch gefrorenen Nerven oft ganz momentan sistirt. Aber auch die Kälte verliert bei öfterem Wechsel diese Wirkung.

Fragt man nach der Ursache, aus welcher die Krämpfe entstehen, so findet man zuerst von Eckhard den Satz aufgestellt: „Jede durch Wärme erregte Zuckung ist von einer Zersetzung oder besser dauernden Veränderung des Nervenmarks begleitet. Der umgekehrte Satz, dass jede durch Wärme bewirkte dauernde Veränderung des Nervenmarks Zuckungen bewirke, ist nicht richtig. Er gilt nur, wenn auch noch die zweite Bedingung, dass jene in unendlich kleiner Zeit geschehe, erfüllt ist". Eckhard dehnt dies Gesetz auch noch auf die chemischen und mechanischen Reize aus, falls sie Zuckungen erzeugen.

Diese Formulirung dürfte den vorliegenden Versuchen nach eine kleine Berichtigung erfahren. Der Theil der Behauptung darf als unumstösslich zu betrachten sein, dass eine gewisse und zwar grosse Geschwindigkeit der Veränderung in einer Zeiteinheit von dem Einfluss verlangt wird, welcher die Zuckung hervorrufen soll. Der Ausdruck „unendlich" wird aber wohl, wenn er im mathematischen Sinn genommen wird, eine Einschränkung erfahren müssen. Setzen wir Nerven sehr hohen Temperaturgraden aus, in welchen das Eiweiss wirklich (nicht blos in dem für das Nervenmark unrichtig gewählten Sinn) gerinnt, also Temperaturen von 70° R. und darüber, so kann man es leicht mit einiger experimentellen Geschicklichkeit dahin bringen, dass bei sehr raschem Eintauchen der Nerven in die heisse Luft an den davor geschützten Muskeln nicht eine einzige Zuckung entsteht, der Nerv aber momentan getödtet ist. Nähert man sich in der Versuchsreihe von 63° angefangen je mehr und mehr diesem extremen Fall, so findet man, dass je mehr dies geschieht, die Zuckungen nicht in dem Maass als sich ihre Dauer verkürzt, an Intensität gewinnen, sondern beides: Dauer und Intensität vermindert wird. Es giebt also notorisch eine Grenze für die Geschwindigkeit, mit welcher der Nerv alterirt werden muss, wenn sie Zuckungen hervorrufen soll. Eine zweite Limitirung des oben angeführten Satzes verlangen diejenigen Versuche, in welchen die Nerven trotzdem, dass sie noch reizbar waren oder in der mittleren Temperatur wieder reizbar geworden sind, bei dem Zurückbringen in die extremen Temperaturgrade keine spontanen Krämpfe mehr entstehen liessen. Es zeigt sich offenbar, dass in diesen Fällen noch zerstörbare Substanz vorhanden war, oder dass sich gewisse Veränderungen, von welchen der Ein-

tritt der Unerregbarkeit abhängig war, wieder ausgeglichen hätten, wenn nach Verfluss einiger Zeit in 16° R. die Reizbarkeit wieder zurückkehrte, dass weiter ganz sicher die angewendeten Kälte- und Wärmegrade die wirksamen Elemente zerstören müssen, weil sie die Reizbarkeit nach einiger Zeit unwiederbringlich verloren gehen lassen; man sieht also nicht ein, weshalb nicht immer die rasche Veränderung dieser Elemente da, wo überhaupt noch veränderbare vorhanden sind, das fragliche Phänomen hervorrufen sollte.

Da aber der letztere Fall sehr leicht und oft zu beobachten ist, so bleibt keine andere Annahme als die, dass es immer noch auf gewisse Nebenumstände ankommt, von deren Gegenwart, Abwesenheit oder quantitativen Unterschieden es abhängt, ob bei plötzlicher Veränderung der wirksamen Elemente wirklich spontane Zuckungen auftreten oder nicht. Es dürfte also in jenem Satz, wenn er als Theorie einen dekenden Ausdruck für die Thatsachen abgeben soll, die Limitirung „unter Umständen" nicht fehlen.

Die wichtigste Frage bleibt nun immer, wie auch Eckkard hervorgehoben hat, die nach der Art der Veränderung, bei welcher, ich sage nicht durch welche, die Krämpfe entstehen. Unzweifelhaft ist es nicht der rasche Uebergang von dem einen in den anderen chemischen oder morphologischen Zustand der wirksamen Elemente selbst, welcher die Zuckung macht, sonst müsste der Satz sich umkehren lassen und Zuckung entstehen, wie immer jene Veränderung erzeugt wird, wenn man sie nur mit der gehörigen Geschwindigkeit herbeiführt. Die Versuche mit der trocknen Wärme, mit Ammoniak- und Chloroformdämpfen und viele andere widersprechen dem aber durchaus. Der Moment der plötzlichen Veränderung in den wirksamen Elementen ist es aber, was es anderweitig erregenden und mit jener direkt zusammenhängenden Umständen erleichtert einen solchen Einfluss auszuüben, dass die Krämpfe entstehen. Fehlen diese Umstände, so nützt auch jene Veränderung nichts trotz aller Grösse, welche sie haben mag, und trotz aller Schnelligkeit, mit welcher sie sich bildet.

Untersucht man Nerven, welche den höheren Temperaturgraden in feuchter Luft ausgesetzt werden, so findet man, wenn man den präparirten Nerv nur an seinem einen Ende befestigt, frei und unbelastet in den warmen Raum hängt, Beispielsweise folgende Aenderungen in der Länge der Nerven:

bei 34,4° R. Verkürzung um 13,3 %,
„ 45,6° R. „ „ 44 %,
„ 49,6° R. „ „ 48 %,

bei 57,6° R. Verkürzung um 48 %,
„ 64,8° R. „ „ 54,7 %.

Daraus ergiebt sich, dass der grösste Sprung in Beziehung auf die Verkürzung zwischen 46 und 50° R. fällt, dann ein zweiter auffallender wieder zwischen 58 und 65° R.

Bei 65° R. hat sich der ganze Nerv um die Hälfte seiner ursprünglichen Länge verkürzt. Wenn er auch zu derselben Zeit sehr brüchig ist und schon bei sehr kleinen Gewichten reisst, so ist seine Elasticität doch grösser geworden als sie bei 48° R. war; er ist weniger weich, steif und beim Zerdrücken auch nicht mehr so teigig. Untersucht man die Enden an der Rissstelle, so ragen keine Primitivfasern aus dem Neurilem hervor, die Stelle erscheint mehr wie scharf abgeschnitten, zugleich zerfällt der Nerv, bei dem Versuch ihn zu zerrupfen, ungemein leicht in Querschnitte, was an frischen Nerven bekanntlich bei der Manipulation mit Nadeln nie gelingt. Hier aber wird die Zerklüftung parallel der Längsaxe grade die schwierigere, die parallel der Querschnitte dagegen, wie gesagt, fast unvermeidlich. Die Nervenfasern selbst erscheinen bröcklig. Die Markscheide bietet oft den Anblick einer regelmässigen Gliederung wie Confervenfäden, ist granulirt, die doppelte Contur fast vollkommen verschwunden, an vielen Fasern absolut nicht mehr zu erkennen. Eisessig ruft aber auch an ihnen noch nicht schwieriger als an frischen Fasern den Axencylinder hervor. Auffallend ist die Vergrösserung der Querschnitte an den isolirten und dann natürlich ganz abgekühlten Fasern; sie verhalten sich zu denen frischen Fasern desselben Nerv wie 1:1,89, wenn man aus grösseren Reihen beobachteter Durchmesser die Querschnitte als Kreise berechnet und deren Flächenräume mit einander vergleicht. Hat man bei den Messungen der Länge eine Verkürzung um 50 % gefunden, so sollte man erwarten, dass sich der Querschnitt des ganzen Nerv verdoppelte. Dies findet aber bei der Erwärmung zu 64,8° R. nicht statt. Die Querschnitte wachsen dabei höchstens im Verhältniss von 1:1,3. Es findet also eine Verdichtung statt, und diese trifft wesentlich das Neurilem, denn die isolirten Fasern zeigen eine der Längenabnahme entsprechende Querschnittsveränderung sobald sie isolirt sind.

Daraus folgt, dass sie sich im Neurilem in einem stark comprimirten Zustand befinden; wobei die Compression von der schrumpfenden, dabei ganz gelblich gewordenen Hülle ausgeht.

Lässt man Nerven in einer Temperatur von —10° bis —12° R. gefrieren und zwar in derselben Vorrichtung, in

welcher die Reizversuche angestellt werden, wobei also der Nerv frei in den Hohlraum des erkalteten Cylinders herabhängt, so beobachtet man nach kurzem Verweilen des Nerv darin an ihm eine nicht unbeträchtliche Verkürzung, welche mehr als $6\,^0/_0$ beträgt. Gleichzeitig findet man eine Verkleinerung seines Durchmessers, so dass sich die Volumina in der Kälte und mittleren Temperatur wie 1 : 1,066 verhalten können. Man findet also eine nicht unbedeutende Verdichtung des ganzen Nerven. Stellt man sich vor, der ganze Nerv wäre Wasser, und geriethe durch Kälte in den Zustand der grössten Verdichtung, so würden sich seine Volumina verglichen bei 4^0 und 15^0 wie 1 : 1,00009 verhalten. Die Volumsabnahme würde also weit hinter der des wirklichen Nerv zurückbleiben. Es sind also die festen, nicht flüssigen Theile des Nerv, welche bei der starken Abkühlung den hohen Grad der Verdichtung erfahren. Das äussere Neurilem zeigt sich an solchen Nerven ausserordentlich leicht zerreissbar, so dass man es bei dem geringsten Zug quer durchreisst und abstreifen kann. Seine Verklebung oder Verbindung mit den von ihm eingeschlossenen Gewebsmassen ist sehr gelockert und bleibt es auch, wenn der Nerv wieder aufgethaut ist. Denn auch dann gelingt es noch sehr leicht es mit einem Zug abzustreifen. Dagegen ist der Gesammtnerv resistenter, er trägt grössere Gewichte als der frische in Temperaturen von 15—17° R. untersuchte. Hat man ein Stückchen des gefrorenen Nerven abgeschnitten und versucht man es in einer bis nahe an 0^0 R. abgekühlten Flüssigkeit (Speichel oder humor aqueus etc.) zu zerzupfen, so gelingt dies ausserordentlich leicht; mit einem Zug der Nadeln entfaltet sich das ganze Stück und die einzelnen Primitivfasern sind in grösster Menge vollkommen isolirt von einander zu erhalten. Es zeigt sich hier gerade das Gegentheil von dem, was man bei stärker erwärmten Nerven beobachtet, bei welchen sich ein so hoher Grad von Brüchigkeit in querer Richtung vorfindet. Bringt man die isolirten Fasern ohne Druck schnell unter das Mikroskop, so zeigen sie ein höchst eigenthümliches Aussehen.

Die Markscheide bildet eine homogene, nicht krümlige, dunkel conturirte, sonst ganz transparente Hülle um den Axencylinder und ist in eine unzählige Masse dicht gedrängt hinter einander stehender Falten gelegt, deren convexe Bögen seitlich vorragen, und dadurch der ganzen Faser den Anschein einer Litze oder einer gefältelten Krause geben, durch deren Mittellinie hindurch sich der verkürzte Axencylinder zieht. Dass es wirkliche Faltungen einer Masse sind, welche das centrale

Gebilde umhüllt, erkennt man aufs deutlichste an Querschnitten gefrorener Nervenfasern. Aeusserlich umgiebt sie noch die zarte Hülle, welche nicht gesprengt erscheint. Zwischen dieser und dem Axencylinder ist die Markscheide gleichsam eingeklemmt und eben deswegen, weil sie als halbflüssige Körper weniger verdichtet wird, erscheint sie unter der Form vielfacher Falten, welche sich je mehr und mehr unter dem Auge des Beobachters glätten, je mehr sich die Temperatur des Menstruums, in welchem die Fasern liegen, der der Zimmerluft nähert. Die vermehrte Resistenz des Gesammtnerven in der Kälte dürfte also hier wesentlich von der Verdichtung des Axencylinders herrühren und auch hier die mit Verkürzung und Verschmälerung unzertrennlich verbundene Druckwirkung den Anstoss für den Eintritt der Krämpfe in dem zugehörigen Muskelpräparat abgeben, sobald dieser Druck nur mit hinreichender Geschwindigkeit erfolgt.

In den aufgethauten Nerven bleibt nur der geringere Grad der Festigkeit des Neurilems und des Zusammenhangs der einzelnen Fasern unter einander zurück, während sich die Veränderungen an der Markscheide wenigstens bis zu dem Grad wieder ausgleichen, welchen wir an allen Nerven kurz nach ihrer Isolirung und bei noch bestehender voller Reizbarkeit ebenfalls wahrnehmen. Die bleibenden Veränderungen, welche in den Fasern eintreten, um schliesslich ihren Tod herbeizuführen, dürften zunächst wohl den Axencylinder treffen; doch bleibt es noch unentschieden, welcher Natur sie sein mögen, ob Continuitätstrennungen oder das Elasticitätsmaass überschreitende Compression — das wage ich nicht zu entscheiden, nur Eines dürfte gewiss sein: es ist keine chemische, sondern eine mechanische, physikalische Aenderung in den Festgebilden, was die Wirkung der Kälte charakterisirt.

Nach diesen Betrachtungen dürfte es nicht mehr schwer fallen, eine Erklärung für die Entstehung der Krämpfe zu geben. Sie müssen zu Stande kommen wie bei einer schnell angezogenen Ligatur; sie werden um so kürzer dauern und um so mehr an Heftigkeit verlieren, je schneller diese Contractur erfolgt, wenn einmal eine gewisse Geschwindigkeit ihres Eintrittes überschritten ist. Sie verlangen zugleich aber immer noch nicht völlig zerstörte d. h. noch reizbare, wirksame Nervenelemente, auf welche der rasche Druck wirkt. Sie können sich nicht immer wiederholen, wenn ein Wechsel der Temperatur eine Schwankung der Stärke, nicht aber eine Lösung des bereits gewonnenen Contractionsmaasses herbeigeführt hat, in Folge dessen jeder erneute Impuls zur Contraction

immer mehr und mehr in der Zeiteinheit kleiner werdende Fortschritte derselben gestattet, auf welche kleine Differenzen schliesslich die, wenn auch nicht völlig unerregbaren, so doch sehr geschwächten wirksamen Nervenelemente nicht mehr durch Erzeugung von Zuckungen antworten.

In der Kälte sind es ebenfalls solche neben der Veränderung der wirksamen Elemente hergehende Processe der Verdichtung und Contraction ausserwesentlicher Theile, welche dabei auf jene den Reiz ausüben und Zuckungen veranlassen, wenn sie mit einer bestimmten Geschwindigkeit sich entwickeln können. Schon die auffallenden Erscheinungen des oft plötzlich wechselnden Schauspiels genau in dem Moment, in welchem der Nerv in die eine oder andere Umgebung (kalter oder mittlerer oder heisser Luft) versetzt wird, zeigt durch ihre Schnelligkeit, dass der Impuls zu den Krämpfen zumeist von den peripherischen Umhüllungen des Nerv ausgeht; denn es ist geradezu undenkbar, dass sich die Temperaturen so schnell den innersten Theilen des Nerv mittheilen könnten als die Phänomene wechseln. Geschieht dies nicht so schnell als es thatsächlich häufig und auf ganz bestimmten Stadien der Reizbarkeit der Fall ist, so liegt dies eben in dem noch höheren Grad der letzteren. Die Geschwindigkeit, mit welchem Auftreten und Aufhören der Zuckungen bei dem Wechsel der Umgebung eintritt, erreicht stets bei einem gewissen Grad der Erschöpfung in den wirksamen Elementen seinen Höhepunkt.

Fasst man alle bisher untersuchten Thatsachen zusammen, so ergiebt sich, dass von + 15° R. ausgegangen, weder nach der Minusseite hin, noch nach aufwärts in der entgegengesetzten Richtung fortgeschritten die Temperaturveränderung eine stetige und alle Gewebe in gleicher Weise afficirende Aenderung hervorruft, und dass dem entsprechend auch nicht eine allmählich fortschreitende Veränderung in der Leistungsfähigkeit der Nerven damit verbunden ist, dass vielmehr alles Dies sich auf ziemlich enge Grenzen beschränkt, gleichsam sprungweise ändert. Nach abwärts ist eine + 4 sehr nahe gelegene Temperatur geeignet die Reizbarkeit mit vorübergehender Steigerung schnell zu schwächen. Die Rückkehr zur mittleren Temperatur vermindert sich sofort noch mehr um sie darauf wieder wachsen zu lassen. Zwischen 0 und — 8 liegt die Temperatur, in welcher auf der negativen Seite die spontanen Zuckungen und Krämpfe eintreten in Folge der plötzlichen Verdichtung und damit Reizung der wirksamen Elemente. Auf der entgegengesetzten Seite charakterisirt sich

die Temperatur von + 29—30 als diejenige, bei welcher die Reizbarkeit plötzlich auffallend vermindert wird, die Hüllen erschlaffen, das Nervenfett schmilzt. Die Temperatur von + 45—48° R. bewirkt eine auffallende Beschleunigung im Eintritt des Scheintodes, ist mit einer plötzlichen Verminderung der Cohäsion in den Hüllen mit einer Erweichung des Markes und einer Lockerung der gesammten Gewebsmasse verbunden. Zwischen + 62 und 64° R. liegt die Grenze, an welcher durch das plötzliche Schrumpfen der Hüllen durch die Verdichtung der Masse eine Reizung auf das Mark ausgeübt wird, welche Zuckungen erzeugt, wobei das Mark selbst sich wesentlich verändert, bröcklig und zerfallen zeigt, während der Gesammtnerv, wenn auch sehr leicht zerreissbar, weniger weich, dagegen mehr spröde erscheint.

Wie in den handgreiflichsten Eigenschaften der Nervensubstanz durch bestimmte Temperaturen, welche von der mittleren abweichen, Veränderungen erzielt werden, so auch in feinsten Molekularverhältnissen. Diese machen sich zunächst durch das Umschlagen der Zuckungsform bei Reizung mit aufsteigenden Strömen auf bestimmten Punkten der Temperaturänderung geltend, und lassen sich wie oben gezeigt wurde, auch durch die veränderte Bewegung der Magnetnadel erkennen, was auf eine Richtungsverschiedenheit der dem ruhenden Nerv eigenthümlichen elektrischen Ströme hinweist. Ob nun immer die Zuckungsform mit dem elektromotorischen Verhalten des Nerv gleichzeitig sich ändert, oder ob dies blos in den von uns beobachteten Fällen bei Anwendung einer Temperatur von 32° R. stattfindet — so viel haben alle unsere Versuche ergeben, dass die Zuckungsform nicht zur Beurtheilung der Erregbarkeit gewählt werden kann. Wir sehen für den aufsteigenden Strom die anfängliche Schliessungszuckung in Oeffnungszuckung übergehen, wenn in der Wärme die Reizbarkeit sinkt und wenn sie in der Kälte steigt. Wenn sie bei dem Wechsel der Wärme mit der mittleren Temperatur steigt und wenn sie bei dem Wechsel der Kälte mit der mittleren Temperatur fällt, kehrt die ursprüngliche Form wieder zurück: es kommen also die gerade entgegengesetzten Erregbarkeitsstufen mit der gleichen Zuckungsform verbunden vor.

Die wirklichen Unterschiede der Reizbarkeit in diesen verschiedenen Temperaturgraden sind oben schon constatirt worden; dass auch in dem dritten Fall nämlich bei partieller Austrocknung des Nerv die Reizbarkeit, berechnet nach der von mir hierfür aufgestellten Formel (cf. oben) wirklich steigt,

wobei zugleich die Zuckungsform für den aufsteigenden Strom ebenfalls umschlägt und die Stromrichtung im Nerv sich ändert[1]) dürfte aus den hier nur kurz anzuführenden Zahlenbelegen an vier verschiedenen Nerven zu ersehen sein.

Rh und Rh' bedeutet Leitungswiderstand im Rheostat, N und N' der im Nerv, G und G' die Summe dieser Widerstände, $\frac{q}{q'}$ das Verhältniss der Querschnitte des Nerv in den zwei untersuchten Momenten und R die Zahl für das Maass der Reizbarkeit.

I. Nerv.

Rh = 85676023	Rh' = 1106648633	$G\frac{q}{q'}$ =	10944400
N = 4135770	N' = 22001430		
G = 89811793	G' = 1128650063	R = 1117705663 nach 1 Min.	

II. Nerv.

Rh = 604015912	Rh' = 1106648633	$\frac{q}{Gq'}$ =	7279190
N = 8584070	N' = 28001820		
G = 612599982	G' = 1134650453	R = 1061858553 nach 2 Min.	

III. Nerv.

Rh = 109236929	Rh' = 1070950290	$G\frac{q}{q'}$ =	15583700
N = 5039800	N' = 28682856		
G = 114276729	G' = 1099633146	R = 1084049446 nach 2 Min.	

IV. Nerv.

Rh = 107095020	Rh' = 1070950290	$G\frac{q}{q'}$ =	14112700
N = 5039800	N' = 30602019		
G = 113134820	G' = 1101552309	R = 1087439609 n. 2,5 Min.	

Die einfache Vergleichung der für Meter Normalkupferdraht berechneten Werthe von R und G lassen die in kürzester Frist enorm gesteigerte Reizbarkeit sofort erkennen. Diese Steigerung ist aber bei der Vertrocknung der allererste Anfang; sie erreicht den drei- oft vierfachen Werth in wenigen Minuten später.

Um an dem Schluss dieser Darlegung auf den Eingang zurückzukommen, so dürfte es wohl zur Gewissheit erhoben sein, dass die wesentlichsten praktischen Erfahrungen über den Einfluss der Wärme und Kälte unmittelbar auf die Veränderungen, welche er in den Nerven hervorruft, zurück zu führen sind. Wenn auch immer die tiefer liegenden Organe und Nervenstämme durch die so sorgsam in unserem Organismus angelegte Wärmeökonomie vor extremen Schwankungen

[1]) Denkschriften der königl. bayr. Akademie Bd. XXXI pag. 371.

ihrer Temperatur gewahrt sind, so gilt dies nicht von den mehr oberflächlichen Verzweigungen; und dass gerade vom Nervensystem der Haut aus am entschiedensten die Folgen der Temperatureinflüsse und deren Schwankungen sich geltend machen, dürfte als eine ausgemachte Thatsache angesehen werden. Ohne weiteren Untersuchungen an dem Gesammtorganismus vorzugreifen, welche noch viele Schwierigkeiten zu überwinden haben, ehe sie vollgültige Entscheide herbeiführen können, dürfte jetzt schon Manches aus der voranstehenden Untersuchung verwerthet werden. Schliesslich sei nur erwähnt, dass bei Fröschen in Räumen von 34° R., deren Luft mit Wasserdampf gesättigt ist, schon nach 14 Minuten Convulsionen und bald darauf Scheintod eintritt. Dass ferner unter denselben Erscheinungen warmblütige Thiere sehr schnell sterben, wenn die Temperatur des mit Wasserdampf gesättigten Raumes nur 1—2° über der Blutwärme liegt. Dabei zeigt sich aber stets eine Verminderung des Wassergehaltes ihrer Nerven, eine Transsudation aus allen Geweben, sowohl nach aussen als in die Höhle des Darmcanales.

April 1859.

Ueber die Assimilation des letzten Bauchwirbels an das Kreuzbein

von

Dr. **Dürr** in Hannover.

(Hierzu Taf. V — VII.)

Unter Assimilation des letzten Bauchwirbels versteht Lambl die Anomalie, wodurch dessen Querfortsatz mehr oder weniger dem Querfortsatz eines Kreuzwirbels ähnlich wird, auch wohl einseitig mit dem obern Kreuzwirbel verwächst, so dass das Kreuzbein einseitig um einen Wirbel vermehrt wird. Die Anomalie gehört, wiewohl die anatomischen Handbücher derselben kaum gedenken, nicht zu den seltenen, und es finden sich einzelne Angaben darüber schon in der ältern Literatur zerstreut. So sagt Albin (Adnotat. acad. Lib. IV. p. 52):

„Tota vertebra illa prima imae lumborum similis separataque est nisi quod tandummodo processu suo transverso altero cum superiore parte lateris sacri conjuncta est, sic ut partem ejus efficiat.“ Er fügt noch hinzu, dass ausserdem fünf Lendenwirbel vorhanden gewesen wären, und bildet auf Tab. VII. Fig. 5 das Kreuzbein ab, das unsrer Taf. VII. Fig. 3 genau gleicht.

In dem Thesaur. dissertat. med. von Sandifort wird diese Beschreibung in einer Dissertatio de pelvi u. s. w. Bd. III. wörtlich wiederholt und dann dazu gesetzt:

„Vidi ipse plane simile os, in eo solum a mox descripto differens, quod processu altero cum superiore parte lateris sacri interveniente cartilagine cohaereret.“

Rosenmüller sagt in seiner Dissert. de singul. et nativ. ossium corpor. hum. varietatibus:

„Interdum vertebra prima ossis sacri vera vertebra est processibus tandummodo transversis latioribus se distinguens a vertebris lumbaribus. Ejusmodi vertebram aliquando reperi, quae nullibi, nisi processu transverso sinistri lateris cum vertebra secunda concreta fuit.“

Blumenbach erwähnt in seiner Knochenlehre dieser Missbildung des Kreuzbeins als einer gar sonderbaren Abweichung des Bildungstriebes, die am menschlichen Kreuzbein nicht gar selten, bei Thieren aber unerhört sei. In Sömmerring's Anatomie Bd. II. wird unter den am Kreuzbein vorkommenden Abweichungen auch der Assimilation gedacht. Meckel erwähnt sie im 2. Band seines Handbuchs der Anatomie und leitet sie von zwei verschiedenen Vorgängen ab, indem entweder der Querfortsatz eines letzten Bauchwirbels sich vergrössere und einem Kreuzwirbelquerfortsatz ähnlich werde, oder der erste Sacralwirbel sich einseitig in einen Bauchwirbel umwandle.

Lambl beschreibt in seinem Reisebericht in der „Prager Vierteljahrsschrift" von 1858 Präparate solcher Kreuzbeine, wie er sie in den verschiedenen Sammlungen gefunden hat. So sah er in Heidelberg mehrere Kreuzbeine, die unserem Fall Taf. VII. No. 3 gleichen, zwei wo auf der rechten Seite der Flügel fehlt und eins, wo dies links der Fall, auch einige, die unsrer No. 2 gleichkommen. In Bonn fand er zwei Kreuzbeine mit Zwischenwirbeln; einen Fall in Amsterdam an einem schrägen Becken, und noch mehrere in andern Städten.

Die fragliche Anomalie musste besonders die Geburtshelfer interessiren. Doch behandeln sie von geburtshülflichen Lehrbüchern nur das von Braun und Credé und letzterer giebt an, sechs Fälle davon gesehen zu haben. Genauer wird sie betrachtet und ihre Genesis erörtert in einigen geburtshülflichen Abhandlungen über das schräg-verengte Becken. So gedenken ihrer Nägelé und Litzmann als einer Ursache des schräg-verengten Beckens, aber nur Hohl in seinem Aufsatz „Zur Pathologie des Beckens" giebt eine ausführlichere Beschreibung aller hierher bezüglichen Präparate und stellt eine Theorie auf über ihre Entstehung, auf die ich zurückkomme.

Herr Prof. Henle hatte die Güte, mir aus der Göttinger anatomischen Sammlung drei Kreuzbeine zur Beschreibung zu übergeben, an denen sich die abnorme Verbindung des letzten Bauchwirbels mit dem Becken in verschiedenem Grade ausgebildet findet. Zwei Präparate sind vollständigen Wirbelsäulen entnommen, während das dritte einzeln beim Maceriren gefunden wurde. An den beiden ersten geht ein überzähliger Fortsatz eine Gelenkverbindung mit der oberen Ecke des Kreuzbeins ein; bei dem letzten hingegen ist der letzte Bauchwirbel auf einer Seite zu einem Kreuzwirbel geworden.

Das in Taf. V. Fig. 1 abgebildete Kreuzbein ist klein und breit, seine Länge von der oberen Gelenkfläche des ersten bis zur

unteren des letzten falschen Wirbels gemessen beträgt 8,6 Centm., die Breite von einer Superfic. auricul. zur andern am ersten Wirbel gemessen 10,5 Centm. Misst man den Winkel, der durch das Verschmelzen der falschen Wirbel gebildet wird, indem man die Mitte des Promontorium, die Mitte des dritten falschen Wirbels und die Spitze des Kreuzbeins durch Linien verbindet, so zeigt sich, dass er 113° ausmacht.[1]) Abgesehen von der geringen Höhe, zeigt das Kreuzbein ein normales Verhalten, ist gleichmässig gebaut und verknöchert, höchstens könnte man noch ein fast unmerkliches Zurückweichen des rechten Seitentheils von der Vorderfläche hier anführen. Auf der oberen hinteren Fläche des linken Proc. transv. spur. I. zeigt sich eine ovale, glatte, wenig vertiefte Grube, die dem gleich zu beschreibenden Fortsatz zur Aufnahme diente. Der Körper des letzten Bauchwirbels zeigt eine stark ausgeschweifte Vorderfläche, die durch das stärkere Vortreten des unteren Randes gebildet wird. Die Höhe ist links etwas geringer und nach rechts tritt der Körper im geringen Grade zurück. Von der unteren Fläche des linken Querfortsatzes ragt ein dreiseitiges Knochenstück schräg nach unten und lateralwärts herab. Seine Basis, die sich durch einen leichten Eindruck vom proc. transv. absetzt, ist 2,6 Centm. breit, das rundlich abgestumpfte Ende hingegen nur 1,7 Centm. Die vordere und untere Fläche treffen unter einem spitzen Winkel am vorderen Rande zusammen, der sich nahe an der lateralen Fläche etwas ausbreitet, und so eine kleine ovale Vorragung entstehen lässt, die sich in die Grube am Kreuzbein einlegt. Die dreiseitige laterale Fläche zeigt abgerundete Ränder und ist glatt, als ob sie mit dem Hüftbein eingelenkt gewesen wäre. Die hintere Fläche ist rauh und geht unmerklich in den wenig ausgeprägten Proc. accessor. über. Der Querfortsatz erhebt sich nach hinten und aussen über den eben beschriebenen Theil, und endigt mit einer rundlichen breiten Spitze. Der rechte Proc. transv. zeigt eine etwas breitere Vorderfläche, als man sie beim normalen Verhalten antrifft, auch trennt eine schwach angedeutete Furche den oberen vom unteren Theile. Sonst finde ich ausser einer geringen Schiefstellung des Proc. spinos. nach rechts und Verlängerung des Proc. artic. inf. dext. nichts Abnormes.

Ein zweites Kreuzbein, welches mit dem letzten Lendenwirbel in Taf. V. Fig. 2 abgebildet ist, besteht aus nur 4 falschen

[1]) Ich habe diesen Winkel an 60 normalen Kreuzbeinen gemessen und als Mittelwerth 122,01° erhalten; an den meisten Kreuzbeinen schwankt er zwischen 110 und 135°, bei wenigen betrug er mehr, bis 152°, bei noch wenigern fand ich nur 100° und nur zwei Mal 72°.

Wirbeln; aber es findet sich an seiner Spitze eine Sägefläche, die auf einen entfernten fünften Wirbel oder ein ankylosirt gewesenes Steissbein deutet. Am Ende beider Seitentheile finde ich Bruchflächen. Die Wirbel zeigen normale Grössenverhältnisse, die Breite beträgt 12 Ctm., die Länge 10,5 Ctm., der durch ihr Aneinanderlegen gebildete Winkel 133°. Bei Horizontalstellung der Intervertabrallinien zeigt sich, dass die unteren Wirbelkörper etwas nach links von der Medianlinie abweichen, was auf der Rückseite noch mehr hervortritt. Bei derselben Haltung kommt die linke Superf. auric. auch tiefer zu stehen, als die rechte; eine Grössendifferenz findet aber zwischen beiden nicht statt. Die Sacrallöcher sind weit. Der dritte und vierte Bogen haben sich nicht zu einem proc. spinos. vereinigt. Der obere Rand des rechten Proc. transv. I. zeigt sich ausgehöhlt zu einer Gelenkfläche von 17 Millim. Durchmesser. Ihre laterale Ecke überragt den übrigen Theil, so dass sie auf diese Weise von vorn nach hinten abfällt.

Am zugehörigen Bauchwirbel gestalten sich die Verhältnisse ganz ähnlich, wie bei dem vorhin beschriebenen. Der Körper ist vorn rechts um 6 Mm. höher, als links, der untere Rand ragt stark hervor und die Vorderfläche weicht nach links zurück. Auf der Rückseite gemessen beträgt die Höhe des Körpers 7 Mm. weniger, als vorn in der Mitte. An seinem vorderen Rande dient der rechte Proc. transv. einem gestreckten, dreiseitigen Fortsatz zum Ursprung, der an seiner Unterseite eine glatte Begrenzungsfläche trägt. Seine Basis ist 22 Mm. breit, die Spitze 16 Mm. und die Länge beträgt 18 Mm. in der Mitte gemessen. Die vordere Fläche läuft mit der hinteren und unteren zu einem zugeschärften, vorderen und lateralen Rande zusammen, während die untere Fläche allmälig in die hintere übergeht. Der Proc. transv. ist durch eine tiefe, laterale Einbucht von diesem herabsteigenden Theile getrennt. Er endet mit einer rundlichen in die Höhe gerichteten Spitze. Der Proc. access. ist sehr niedrig und sendet seine laterale Kante bis auf die Hinterfläche des überzähligen Fortsatzes herab. Der linke Proc. transv. ist schmaler, als der rechte und zeigt an seiner unteren vorderen Kante zwei rundliche Wülstchen, die durch eine Furche getrennt sind. Der linke Bogentheil ist etwas länger als der rechte, mit dem er sich nicht in derselben Höhe zur Bildung des Proc. spinos. zusammenlegt.

Indem sich die Gelenkfläche des abnormen Fortsatzes in die des Kreuzbeins einsenkt, bekommt das Intervertebralloch eine knöcherne laterale Begrenzung, und es entsteht so eine Knochenlücke, die ganz einem Sacralloch entspricht.

Beide bisher betrachteten Präparate stimmen fast ganz überein, nur stellt No. 2 einen höheren Grad der Anomalie dar.

Taf. VI. stellt ein Kreuzbein dar, an dessen oberstem Wirbel die eine Hälfte die Gestalt eines Bauchwirbels trägt. Es besteht aus 6 Wirbeln, dem obersten und fünf normalen. Die Grösse zeigt sich normal, wir finden eine Länge von 11,2 Cm. und eine Breite von 10,8 Cm., wenn wir den ersten anomalen Wirbel, den wir der Kürze wegen als Zwischenwirbel bezeichnen wollen, mit dazunehmen. Links zählen wir 5 Sacrallöcher, während sich rechts nur 4 finden. Die unteren Wirbel weichen alle nach rechts von der Medianlinie ab und es erfolgt daher ein Convergiren der rechten Proc. transv.; auch wird der rechte Seitentheil dadurch um ein Geringes kürzer als der linke. Die Vorderfläche ist stark von oben nach unten concav und der dadurch gebildete Winkel beträgt, wenn man den Zwischenwirbel als oberen Punkt annimmt, 115°. Das zweite und dritte For. sacral. ant. der linken Seite haben eine etwas weitere Mündung, als die entsprechenden rechten.

Der Körper des Zwischenwirbels zeigt eine erhebliche Höhendifferenz der beiden Seiten, die rechte ist um 8 Mm. niedriger. Auf dieser Seite weicht er auch mehr zurück, und erscheint, wie durch den hier stärker lastenden Druck der Wirbelsäule, comprimirt. Daher ist hier auch die Vorderfläche stark concav, indem die beiden Ränder vorspringen. In der Mitte erfolgt die Verbindung mit dem zweiten Körper durch eine Bandscheibe, die sich nach rechts hin so verdünnt, dass sich hier die zugeschärften Verbindungsränder fast berühren. An der anderen Seite aber legt sich eine glatte Knochenlamelle, über die Vereinigungsstelle und auf beide Körper eine kleine Strecke weit. Dann schlägt sie sich mit in das for. sacral. hinein und dient auch hier zur knöchernen Vereinigung beider Wirbel. Die Hinterfläche des Körpers ist ebenfalls links etwas höher als rechts; auch verbindet sie sich in derselben Weise mit dem folgenden Rande links durch eine Knochenbrücke, die sich auch in das For. sacral. ant. begiebt, um hier mit der der Vorderfläche zusammenzufliessen.

Links ist der Zwischenwirbel Sacralwirbel, d. h. er besitzt einen Proc. transv. und einen Flügel, der mit dem zweiten verschmilzt und sich an der Superf. auricul. betheiligt. Nur durch eine geringere Höhe und durch ein stärkeres Abfallen seiner oberen Fläche nach aussen möchte er sich von einem normalen unterscheiden. Er verschmilzt noch 2 Cm. breit mit dem folgenden Flügel; man erkennt ihre Vereinigung an einer

rauhen Linie. In gewohnter Weise erhebt sich der Proc. transv. nach oben und hinten. Auf der Rückseite grenzt sich der Querfortsatz durch einige tiefe Löcher von seiner Unterlage ab, lässt dann von sich eine scharfe, medianwärts ziehende Firste entstehen, die mit einer ähnlichen, vom Proc. mamill. herabsteigenden sich zu einem sehr grossen Proc. access. vereinigt. Dieser hat sich so verlängert, dass er mit seiner Spitze in das For. sacr. post. hereinragt und es von oben her verengert. An diese Spitze legt von unten her kommend, vom Proc. artic. inf., sich eine Knochenleiste an, die durch ihren Verlauf die Vorderflächen beider Proc. articul. zu einem knöchernen Ganzen vereinigte, welche auf ihren Rückseiten vollkommen getrennt sind.

Vom Proc. artic. sup. ist zu bemerken, dass seine Gelenkfläche wegen der Schiefstellung des ganzen Wirbels sich stark lateralwärts wendet. Das For. sacral. post. I. stellt eine ovale, langgezogene Oeffnung dar, in die von aussen der Proc. transv. II., von oben der Proc. access. und von innen der Proc. articul. sup. II. hineinragen. Die linke Bogenhälfte ist kürzer und stärker gekrümmt als die rechte, die etwas tiefer liegend sich mit jener zum Proc. spin. zusammenlegt. Daher kommt es, dass dieser seine rechte, laterale Fläche mehr nach oben kehrt. Von der ganzen Vorderfläche des Bogens entspringen zackige Knochenleisten, die den untenliegenden Bogen nicht erreichen. Der rechte Proc. artic. inf. verschmilzt knöchern mit seinem entsprechenden Fortsatz. Der Proc. artic. sup. dext. wendet seine Gelenkfläche der Mittellinie stark zu. Der rechte Querfortsatz ist kurz und breit, schwillt an seinem Ende kolbig an und zeigt eine rauhe, zackige Rückseite. Von einem abgeschnürten Stück an der vordern Seite ist nichts zu bemerken. Von den beiden Superf. auric. zeigt bei Horizontalstellung der Intervertebrallinien die linke einen höheren Stand, doch ist die Länge beider ganz dieselbe. Dies erklärt sich einfach dadurch, dass der rechte zweite Flügel stark aufsteigt und der Proc. transv. des vierten Wirbels mit zur Gelenkfläche verwandt wird, während links sich nur drei Wirbel daran betheiligen. Der zweite Flügel bemüht sich also, auf der rechten Seite den mangelnden ersten zu ersetzen, was ihm aber nur theilweise gelingt. Desshalb erfolgte die ungleiche Lage der Auricularflächen, die Verschiebung der Wirbel nach rechts und wahrscheinlich in dem ganzen Becken eine Verschiebung, auf die ich bald zurückkommen werde.

Die pathologisch-anatomische Sammlung des Ernst-August-Hospitals enthält einige Kreuzbeine, deren Form sich an die

beschriebene genau anschliesst: Eins derselben besteht aus 6 Wirbeln und zeigt das 5te For. sacrale auf der rechten Seite, wo ein wohlgebildeter Flügel mit den beiden andern die Gelenkfläche ausmacht. Der zweite linke Flügel aber zeigt gar kein Bestreben, den fehlenden zu ersetzen, sondern bleibt in der gewöhnlichen Stellung und bildet mit dem dritten die sehr kleine Auricularfläche, die 1 Cm. niedriger, als die andere ist. Auch hier erscheint an der linken Seite der Körper des Zwischenwirbels zusammengedrückt; der linke Proc. transv. ragt als eine kurze breite Zacke nach hinten.

An einem langen Kreuzbein (Taf. VII. Fig. 5) nimmt der Zwischenwirbel rechterseits an der Bildung des Flügels theil; dieser fällt stark lateralwärts ab und ist an der Gelenkfläche nur noch $1^1/_2$ Cm. hoch. Der Körper des Zwischenwirbels zeigt am rechten unteren Rande eine geringe Knochenauflagerung. Der Querfortsatz des Zwischenwirbels ist breit an seinem lateralen Ende, dessen untere Ecke durch eine Furche vom Ganzen abgeschnürt erscheint.

Zwei Kreuzbeine (No. *h* 4 der pathologischen Sammlung, No. 39 der von Siebold'schen), in deren Bauchwirbelsäule eine Skoliose nach links angetroffen wird, weichen beide von der vorhin beschriebenen Krümmung in den unteren Wirbeln dadurch ab, dass der vierte und fünfte sich der Medianlinie wieder nähern und somit der Bogen vervollkommnet wird, dessen Beginn uns bei den übrigen aufstiess. Bei beiden liegt das überzählige Sacralloch links und die falschen Wirbel wenden die Convexität ihres Bogens nach rechts. In dem Siebold'schen Fall ist das ganze Becken stark verschoben und das Kreuzbein springt mit seinen Wirbelkörpern, gegen die Symphyse hin, vor und ist ausserdem an der Vorderseite bedeutend geknickt. Die Hinterfläche des andern bietet noch einen interessanten Punkt dar, nämlich das Ausfallen eines Bogenstücks neben dem zweiten und vierten Proc. spin., so dass hierdurch das erste und zweite, und dritte und vierte for. sacral. post. zu langgezogenen Lücken zusammenfliessen.

Das Präparat Taf. VII. Fig. 6 der pathologischen Sammlung und ein älteres unbekanntes Becken aus der Osiander'schen Sammlung haben mit einander gemein eine grössere Verkleinerung des Flügels am Zwischenwirbel; er bildet nämlich nur eine schmale Brücke zwischen dem Körper und dem folgenden Flügel, 2,2 Cm. breit und $1^1/_2$ Cm. hoch. Im Uebrigen aber weichen beide Präparate sehr von einander ab. Das erste zeigt alle Abweichungen nur von einem sehr geringen Grade und seine Symmetrie wird kaum merklich beeinträchtigt. Beim

zweiten hingegen sind sie ungemein stark ausgeprägt und das Becken hat dadurch eine geringe schräg-ovale Gestalt angenommen. Bei einer gleichzeitigen Lumbalskoliose nach rechts, wenden die Sacralwirbel sich nach links. Rechts befindet sich der Flügel am Zwischenwirbel, an seiner Seite scheint auch eine Ankylose des Ileosacralgelenks erfolgt zu sein, doch konnte ich dies wegen der miterhaltenen Bänder nicht genau bestimmen. Von der Mitte des Promontoriums gemessen, zeigt sich der rechte Seitentheil um einen Cm. schmäler, als der linke. Das rechte Hüftbein stellt sich mit seinem Hintertheil steiler und ist kürzer als das der andern Seite, die Gelenkpfanne tritt mehr nach vorn und die Symphyse weicht nach links von der Medianlinie ab. Der Beckeneingang erscheint von rechts her etwas platt gedrückt und der rechte schräge Durchmesser übertrifft den linken um 1 Cm.

In Fig. 7 ist ein Kreuzbein der pathologischen Sammlung dargestellt mit fünf Wirbeln, 11 Cm. lang, 11 Cm. breit und mit einem Sacralwinkel von 135°. Der Zwischenwirbel weicht hier ganz im Gegensatz zu den übrigen nach der Seite seines Flügels zurück und ist hier auch niedriger, ebenso wenden sich alle übrigen dahin, nämlich nach links. Der Flügel tritt hier als ein schmales Knochenstück auf, das zwischen proc. transv. und dem sehr hoch reichenden zweiten Flügel eingefügt ist. Er zeigt eine dreiseitige obere Fläche, die mit ihren längeren Seiten sich an die eben genannten Knochentheile legt, die hintere, kürzere, aber frei abstehen lässt. Am Gelenk nimmt er gar keinen Theil, sondern lagert sich wie ein rundlicher Wulst über die Fläche. Mit dem zweiten verbindet er sich an der medialen Seite durch Synchondrose, an der lateralen und hinteren durch Synostose. Seine obere Breite beträgt nur 1,8 Cm., während er vom For. sacr. bis zum hinteren Rande 3 Cm. misst. Die Auricularflächen zeigen natürlich keine Störungen.

Taf. VII. Fig. 8 zeigt, aus derselben Sammlung, ein Kreuzbein mit 6 Wirbeln von normalen Grössenverhältnissen. Der Zwischenwirbel liegt mit den tieferen fast ganz parallel, wie auch die übrigen Lageveränderungen fast null sind. Ganz ähnlich wie am vorhergehenden Kreuzbein verhält sich auch hier der Flügel, den wir links antreffen. Er entspringt kaum 2 Cm. breit an dem vorderen untern Rande seines Proc. transv., verbindet sich dann durch Knorpel mit einem ihn seitlich überragenden Knochenvorsprung des folgenden Flügels. Seine hintere Fläche ist noch 1 Cm. hoch, während die obere und untere Fläche sich vorn in einem scharfen Rande begegnen.

Ich will nun die leiseren Abweichungen der Form des Kreuzbeins durchgehen, welche in allmäliger Steigerung zu der beschriebenen Anomalie führen. Wenn als Norm gilt, dass der erste Proc. transv. seinen Flügel nur wenig überragt und sich nur als seine obere, mediale Ecke ausnimmt, so finden wir in gar manchen Fällen dies Hinaufsteigen bedeutend vermehrt. Der Fortsatz tritt dann stärker hervor und auf der oberen Fläche bildet sich eine tiefe Furche, die beide Theile von einander abgrenzt. Ein solcher Fortsatz kann dann leicht mit einem Bauchwirbelquerfortsatz in Berührung kommen, wenn er stark nach abwärts gerichtet ist, wie man das beim weiblichen Geschlechte oft findet.

Dann begegnen wir einer weiteren Verkleinerung der ersten Flügel, wie sie bei Kreuzbeinen mit doppeltem Promontorium sich zeigt und gewöhnlich bei einer Anzahl von sechs falschen Wirbeln beobachtet wird. Der Flügel nimmt dann in allen Dimensionen ab, er wird gleichsam von dem zweiten aus seiner Stellung gedrängt, der dabei ihn an Grösse übertrifft. Er weicht nach hinten und bildet nur noch die obere gebogene Ecke der Gelenkfläche. Dabei bemerkt man gewöhnlich in der lateralen Wand des ersten For. sacr. einen wulstigen Rand, der die untere Begrenzung des verkleinerten Flügels bezeichnet. Seine obere Fläche fällt stärker lateralwärts ab, und seine Länge wird geringer. Der zugehörige Körper springt gegen den folgenden zurück und ist mit ihm auch im späteren Alter nicht knöchern verbunden. Auf der Rückseite zeigt der Wirbel sich ganz wie ein Bauchwirbel, und nur die Proc. artic. sind mit verschmolzen. Solche Kreuzbeine sind keine Seltenheiten.

Verkümmern die ersten Flügel noch mehr, so treten sie nicht mehr mit den folgenden in Verbindung, sondern bilden mit ihnen eine Synchondrose, oder sie ragen auch ganz frei als zapfenartige Auswüchse von der Vorderfläche der Proc. transv. herab. Im übrigen verhält sich der Wirbel dabei wie im eben beschriebenen Falle, oder auch ganz wie ein ächter Bauchwirbel. Ein Präparat, wo sich die Flügel in der angegebenen Weise verhalten, sah ich in der v. Siebold'schen Sammlung mit No. 31 bezeichnet (Taf. VII. Fig. 2.) Bei fünf falschen Wirbeln muss ich den betreffenden als letzten Bauchwirbel betrachten. Ausserdem bestand im Lendentheil eine Skoliose nach links. Nägelé (schrägverengtes Becken) bildet einen solchen Fall ab, wo sich aber einer dieser Fortsätze wegen der Verkrümmung der folgenden Flügel an das Hüftbein anlegt.

Die bis jetzt erläuterten Verhältnisse bezogen sich alle auf eine symmetrische Verkleinerung. Asymmetrisch wird das Kreuzbein, wenn ein Flügel stärker atrophirt als der andere und sich weiter von der Gelenkfläche zurückzieht. Ein Kreuzbein, welches diese Asymmetrie im geringsten Grade zeigt, gehört der pathologischen Sammlung des Ernst-August-Hospitals an. (Taf. VII. Fig. 3.) Es besteht aus fünf falschen Wirbeln und einem ankylosirten Os coccyg., gehört zu den langen Kreuzbeinen (13 Cm.) und sein Sacralwinkel, wie ich den vorhin besprochenen Winkel bezeichnen will, beträgt 142^0. Beide Flügel sind verkleinert, aber der linke mehr und zwar so, dass er sich nur als schmaler Saum mit an die Gelenkfläche legt. Er ist vorn 2 Cm., hinten 3 Cm. lang und wird lateralwärts durch den weit hinaufreichenden zweiten Flügel begrenzt. Mit diesem ist er durch Knorpel verbunden und nur an der Auricularfläche knochig. Dies scheint mir durch die Pubertätsepiphyse erfolgt zu sein, die auch ein grosses keilförmiges Stück zwischen beide Flügel einschiebt und so den zweiten nach oben vergrössert. Ausserdem findet sich ein zweites Promontorium, und das Bogenstück steht isolirt. Der rechte Flügel ist nur um weniges breiter, aber höher und länger.

Ein weiterer Schritt findet sich an einem grossen Kreuzbein derselben Sammlung (Taf. VII. Fig. 4). Bei doppelseitiger Kleinheit des ersten Flügels tritt der rechte so sehr zurück, das er auf der lateralen Hälfte ganz selbstständig wird und sich nur durch die kleinere mediale mit dem folgenden knorplig verbindet. Er liegt als eine $2^1/_2$ Cm. lange und $1^1/_2$ Cm. breite Masse am unteren Rande des Proc. transv., deutlich von ihm durch eine Furche geschieden und legt sich mit seiner medialen Ecke an den Körper an. Hinten ist er mit dem Querfortsatz innig verschmolzen, seine freistehende untere Fläche ist glatt und war gewiss mit dem Hüftbein verbunden. Der linke Flügel bietet nichts weiter Bemerkenswerthes. Der ganze erste Wirbel aber weicht stark nach der rechten Seite zurück und an allen folgenden bemerkt man eine Neigung ebendahin. Die Verbindung des ersten und zweiten ist nicht, wie es bei den bisherigen Formen der Fall war, durch ein Zwischenwirbelband vermittelt, sondern durch eine feste, glatte Verknöcherungsschicht, die beide im ganzen Umfang vereinigt. Der Bogentheil ist mit dem Proc. spin. mehr nach links herübergeschoben, ruht übrigens wie ein Bauchwirbel frei in den oberen Gelenkfortsätzen des folgenden Wirbels. Das ganze Kreuzbein besteht übrigens aus fünf falschen Wirbeln und wahrscheinlich einem verschmolzenen Steisswirbel, doch lässt

sich das nicht genau bestimmen. Der Sacralwinkel beträgt 110°. Die rechte Auricularfläche ist etwas kürzer und steht tiefer als die linke, da ja der zweite Flügel nicht zum Ersatz des ersten so weit hinauftreten konnte. Im Becken wird durch dies Verhalten gewiss eine Verschiebung bedingt gewesen sein, auf die ich hernach zurückkomme.

So hätten wir denn von dieser Reihe eine Uebergangsform zu jener gefunden, wo der oberste Wirbel halb Kreuz- und halb Bauchwirbel ist und deren gemeinsame Charaktere wir im Folgenden schildern. An allen Präparaten, die mir zu Gebote standen, weicht der Zwischenwirbel gegen die Ebene des ersten folgenden Wirbels zurück und bildet so ein zweites Promontorium. Dann macht er eine Drehung nach der Seite hin, wo der Querfortsatz frei steht und es wendet sich die Vorderfläche des Körpers auch stärker dahin und zugleich fällt die obere Gelenkfläche nach eben der Seite stark ab, gleichsam als ob der Flügel die andere Seite durch ein stärkeres Wachsthum gehoben hätte. An den übrigen Wirbeln bemerkt man ähnliche Ungleichheiten, indem ihre Körper auf der Seite des freien proc. transv. höher sind und nach ihr hin von der Mittellinie abweichen. Die natürliche Folge davon ist, dass die Seitentheile auf dieser Seite divergiren und einen längeren lateralen Rand zeigen, als auf jener, wo sie mehr convergiren. Selbstverständlich bekommen die for. sacral. jener ersten Seite eine Richtung mehr nach unten und nehmen an Weite zu. Auf der Rückseite bemerken wir am Zwischenwirbel eine starke Neigung des Proc. spin. nach der Seite des Flügels mit einer dadurch bedingten Verkürzung und Verschiebung des dortigen Bogentheils, der gewöhnlich einen höheren Stand, als der andere einnimmt. Die Verbindung mit dem folgenden Bogen wird hier verschieden bewerkstelligt, nie aber erfolgt eine völlige Verschmelzung mit demselben. Die Proc. spin. der folgenden Wirbel wenden sich dann, gleich ihren Körpern, mehr der andern Seite zu, ja es zeigt sich dies hier noch deutlicher, als auf der Vorderseite. Das überzählige For. sacr. ant. gleicht dem folgenden, nur mit dem Unterschiede, dass es gewöhnlich durch den an seiner lateralen Wand vorspringenden Vereinigungsrand des Flügels eingeengt wird. Das hintere dagegen übertrifft das zweite bei weitem an Länge und stellt wegen der grösseren Höhe des Zwischenwirbels auf seiner Seite ein langgestrecktes Oval dar. Der Proc. access. der dem Flügel entsprechenden Seite ist verdrängt und etwas verkleinert, während der andere vergrössert zu sein pflegt.

Aus dieser Darstellung wird man ersehen, dass ich die überzähligen Fortsätze, wie ich sie oben, um nicht vorzugreifen, nannte, als verkleinerte Flügel betrachte. Und ich glaube die ganze vorgeführte Reihe von Abnormitäten wird diese meine Ansicht genügend rechtfertigen.

Nachdem wir so die Verkümmerung des ersten Flügels durch alle möglichen Phasen verfolgt haben, wäre vielleicht eine Vergleichung mit der Atrophirung aller drei Flügel, wie sie jene bekannte Beckendeformität bedingt, am Platze. Doch darf ich auf Hohl verweisen, der in seiner schon angeführten Arbeit dieses Verhältniss besprochen hat. Nur einige kurze Bemerkungen möchte ich über diesen Gegenstand noch beibringen. Nach Hohl treten die stärkeren Grade von schräger Beckenverschiebung nur dann ein, wenn der zweite Flügel auch in dem Grade mit ergriffen wird, dass er den ersten nicht zu ersetzen vermag. Es ist ihm daher in dieser Beziehung noch eine grössere Bedeutung beizulegen, als dem ersten. Dies schien mir vollkommen bestätigt zu werden durch ein Präparat, das ich in der pathologischen Sammlung zu sehen bekam. Es zeigt dies an Stelle des Ileosacralgelenkes eine glatte Knochenfläche und mir schien die Verschmelzung ungefähr in folgender Weise erfolgt zu sein. Der erste Flügel ist nach oben und vorn gedrängt und hebt sich mit seinem schwachen Contour als keilförmiges Stück von der umgebenden Fläche ab. Der zweite Flügel scheint mir so nach unten und hinten verdrängt zu sein, dass die Auricularfläche des Hüftbeins auf die Querfortsätze stossen musste. Diese aber als nicht für eine Gelenkfläche bestimmte Theile verknöchern leichter mit der auf sie treffenden Stelle, und benehmen so den Flügeln den Raum für ihr Wachsthum. Der dritte Flügel schien mir bis auf einen sehr kleinen Höcker atrophirt zu sein. — Leider ist das angeführte Präparat sehr mangelhaft, es besteht nämlich nur aus dem Kreuzbein und dem arg verstümmelten Hüftbein der einen Seite. Es ist dies sehr zu bedauern, da die rechte Seite wirklich stark verkümmert ist und das Becken gewiss in hohem Grade verschoben war.

Ein doppelseitiges Zurücktreten des ersten Flügels führt dann ganz ebenso zu geringen Graden von Querverengerung, wie ich dies sehr deutlich an einem schönen Becken der anatomischen Sammlung gefunden habe.

Die Entwicklungsgeschichte weist nach, dass die vordern Wurzeln der Halswirbelquerfortsätze, die Proc. transv. der Bauchwirbel und die Kreuzbeinflügel als den Rippen analoge Gebilde zu betrachten sind. Aber auch das regelwidrige Ver-

halten bestätigt einen solchen Zusammenhang. So hat man z. B. öfter Gelegenheit, zu beobachten, dass bei einem angeborenen Rippenmangel auch die Flügel fehlen, oder wenigstens sehr zurücktreten. Dann aber, wenn jene genannten Fortsätze nicht mit ihren anliegenden Theilen zur Verschmelzung gelangen, vergrössern sie sich und bekommen eine Gelenkverbindung ganz wie eine Rippe. Wird nun am Kreuzbein ein Flügel frei, so treten analoge Folgen ein, nur nach den besondern Eigenthümlichkeiten dieses Knochens modificirt. Denn hier muss der Knochenkern sich nicht nur mit seinem Körper und Querfortsatz, sondern auch noch mit dem unterliegenden Flügelkern vereinigen. Es sind hier also noch mehr Möglichkeiten einer Abtrennung gegeben. Ereignet es sich nun, dass das erste Flügelpaar nicht nach dem vorgeschriebenen Plane verschmilzt, mag dies nun den obersten Wirbel von den normalen fünf falschen treffen, oder einen überzähligen sechsten, so können folgende Abweichungen daraus resultiren. Es entwickelt sich der Flügel nur schwach, erreicht nur mit einem kleinen Theile die Gelenkfläche, verschmilzt aber noch mit allen Nachbargebilden. Oder er verkleinert sich noch mehr nach allen Richtungen und verwächst nicht mit dem zweiten Flügel, erreicht aber das Gelenk noch. Dann wird er noch schmaler und ragt als freistehender Fortsatz herab, aber doch noch zum kleinen Theil mit dem Körper verbunden. Endlich aber erscheint er nur noch in Verbindung mit dem Proc. transv. als ein rundliches Knöpfchen. Ja es schien mir in einem Falle sogar, dass ein Flügel mit keinem der anliegenden Theile sich knochig vereinigt hätte, sondern einen ganz freien Knochenwürfel darstellte. Doch konnte ich leider wegen der umgebenden Bänder diesen Befund nicht mit Sicherheit constatiren. Nehmen wir nun noch dazu, dass diese Möglichkeiten auch einseitig auftreten können, ausserdem aber auf zwei Seiten verschieden sein können, so wird man leicht einsehen, welche Mannigfaltigkeit von Formen hierbei möglich ist. Ein symmetrisches Vorkommen ist aber gewiss das häufigere, wie man das auch sonst zu beobachten Gelegenheit hat. Die asymmetrischen Formen sind viel auffallender, daher sie auch von vielen Beobachtern erwähnt und abgebildet sind. Aber von allen hat sich nur Hohl, so viel mir wenigstens bekannt, mit ihrer Entstehung specieller beschäftigt. Dieser sieht nun alle diese Abnormitäten und besonders den Zwischenwirbel für einen entarteten Kreuzwirbel an, indem er als Beweis anführt, dass beim Zwischenwirbel der freie Proc. transv. besonders dick und kolbig wäre, dann aber ein Flügel ja keinem Bauchwirbel

zukäme. Ich habe dagegen zu erinnern, dass das Bogenstück in allen von mir beobachteten Fällen wie das eines Bauchwirbels gestaltet ist; zu einem ächten Kreuzwirbel gehört aber doch wohl auch die Verschmelzung des Bogentheils, des Proc. artic. und Proc. spin.! Weiter soll nach Hohl der freistehende Querfortsatz kolbig endigen und kürzer als der andre sein. Erstlich sah ich dies nicht an allen Präparaten, und dann würde sich ein kolbiges Ende nicht ganz ungezwungen als Ueberrest eines verkümmerten Flügelkerns deuten lassen, zumal wenn der untere Rand eine Einschnürung zeigt? Denn das völlige Fehlen solcher symmetrisch angelegter Kerne, kommt doch gewiss seltner vor, als eine gestörte Weiterbildung. Beim Durchsehen einer grösseren Reihe von Wirbelsäulen in Bezug auf diesen Punkt fand ich, dass der letzte Querfortsatz etwas dicker in vielen Fällen erscheint, als die höheren, besonders an seiner Wurzel. Dann bemerkte ich gerade hier nicht so selten einen kleinen Wulst auf beiden Seiten, genau an der Stelle, wo sich der überzählige Flügel anzusetzen pflegt. Ja an einigen jugendlichen Skeletten wollte es mir scheinen, als wenn grade dort ein eigner kleiner, rundlicher Verknöcherungspunkt gelagert wäre. Sollte sich dies bestätigen, so müsste man diesen Kern doch als eine geringe Andeutung eines Flügels ansehen. Doch lege ich auf diesen Punkt kein weiteres Gewicht, da er ja noch näher zu constatiren ist.

Hohl sagt zwar, einem Bauchwirbel komme kein Flügel zu, aber ein Flügel allein macht noch keinen Wirbel zu einem Kreuzwirbel. Und doch würde ich es auch nicht ausserordentlich finden, wenn ein oder zwei Flügel hier aufträten; denn grade die Bauchwirbelsäule ist es ja, die uns die reichhaltigste Auswahl von Bildungsanomalien darbietet. Ausser der Ueberzahl eines Wirbels trifft man hier Spaltungen nach allen möglichen Richtungen hin. So findet man Spaltungen des Körpers in der Mitte, Spaltung des Bogens in frontaler Richtung und Einlenkung mit dem Körper, wie Lambl einen Fall beschreibt. Dann gehört hierher die Spina bifida, die ja so häufig hier auftritt; ferner fand ich in der pathologischen Sammlung eine Spaltung in horizontaler Richtung an einem sonst gut entwickelten Wirbel, von einem Proc. transv. bis zum andern. Weiter kommt die abnorme Verschmelzung mehrerer Wirbel oft als Altersveränderung vor, aber auch eine angeborne Verschmelzung zweier Wirbel kam mir zu Gesicht. Es erinnerte diese Bildung sehr an die des Kreuzbeins, indem die Körper wie gewöhnlich verbunden, die Bogen aber und Proc. spin. zu einem Ganzen zusammengeflossen waren, die Proc. art.

standen als kleine Wülste nach hinten ab. Endlich ist zu erwähnen das Auftreten von rudimentären Theilen, oder abnormen kleinen Wirbeln, was mehrfach zu starker Lordose und Spondylolisthesis geführt hat. Ein solcher Fall war auch die von Braun so genannte Spondyloparembole.

Aber auch in der Thierwelt kommen überzählige Verbindungen von dem letzten Bauchwirbel und Kreuzbein vor, ganz in derselben Weise wie beim Menschen. So hat man oft Gelegenheit, beim Pferde eine Gelenkverbindung zwischen den genannten Theilen zu beobachten, ja bisweilen findet man auch eine völlige Verwachsung an dieser Stelle. Ein solches Präparat wird in der Sammlung der hiesigen Thierarzneischule aufbewahrt. Aehnliches fand man auch bei verwandten Thieren, wie beim Esel, Quappa, Zebra; ebenso bei einigen Wiederkäuern, wie dem Gnu und der Antilope. Ein noch interessanteres Vorkommen zeigt das Nilpferd, indem der letzte Bauchwirbel nicht nur mit einem besonderen, breiten Fortsatz an das Sacrum sich anlegt, sondern auch der erste durch eine ganz ähnliche Vorrichtung sich mit der letzten Rippe in Gelenkverbindung setzt. Auch beim afrikanischen und asiatischen Nashorn, beim amerikanischen und asiatischen Tapir besteht ein solches Gelenk zwischen Bauchwirbelfortsatz und Kreuzbein, aber ohne Dazwischenkunft eines besonderen Fortsatzes.

Da nun dieser Grund auch nicht ganz schlagend für einen Kreuzwirbel spricht, so bliebe uns schliesslich nur noch die Zahl der einzelnen Wirbelgruppen als entscheidendes Moment übrig. Doch auch hieraus dürfte der Schluss wohl nicht als endgiltig angesehen werden können, da ja bekanntlich jede der beiden Abtheilungen unbeschadet der andern sich um einen Wirbel vermehren kann. Man würde daher doch wieder in die Verlegenheit kommen, zu welcher Gruppe man einen Wirbel zählen sollte, wenn von beiden die normale Zahl vorhanden wäre, der beiden in gewissen Punkten gliche.

Aehnliche Schwankungen in den letzten Abtheilungen der Wirbelsäule finden wir bekanntlich auch bei den Thieren. Während z. B. bei den Säugethieren sich constant 7 Halswirbel erhalten, wechselt die Anzahl der Bauchwirbel zwischen 1 und 18, die des Sacrum zwischen 1 und 9. Ja sehr nahstehende Thiere aus derselben Gattung unterscheiden sich zuweilen durch die Zahl von Kreuzwirbeln. Dass bei den Vögeln der ganze Lendentheil mit dem Sacrum zu einem grossen Lendenheiligbein verschmilzt, ist bekannt.

Wenn wir nun so gezeigt haben, dass man einen Zwischenwirbel weder bestimmt für einen Kreuzbeinwirbel noch für einen ächten Bauchwirbel ansprechen kann, so dürfte der Vorschlag vielleicht gerechtfertigt sein, diese Wirbel, die auf der einen Seite einem Kreuzwirbel, auf der andern einem Bauchwirbel gleichen, als Lumbosacralwirbel oder Zwischenwirbel zu bezeichnen. Hierdurch glauben wir ihre Eigenthümlichkeiten am besten anzudeuten und über ihre Bedeutung ein gerade so bestimmtes Urtheil abzugeben, als die Umstände gestatten.

Gedruckt bei E. Polz in Leipzig.

Zur Anatomie der geschlossenen (lenticulären) Drüsen oder Follikel und der Lymphdrüsen

von

J. Henle.

(Hierzu Taf. VIII—X.)

Die Zusammenstellung der solitären und peyerschen Drüsen des Darms und der Drüsen des Lymphsystems, mit welcher im J. 1851 Bruecke die alte Streitfrage über die Mündungen jener Darmdrüsen beendete, hat im Laufe der Zeiten manche glänzende Rechtfertigung erfahren. Je tiefer man in den Bau beider Arten von Organen eindrang, um so zahlreicher wurden die Aehnlichkeiten zwischen beiden. Sodann fanden sich die Charaktere, die sie mit einander gemein haben, bei einer Anzahl anderer, bis dahin räthselhafter Gebilde wieder und indem durch deren Aufnahme die Familie sich allmälig vergrösserte, verstärkte sich zugleich das die einzelnen Glieder umschlingende Band. So werden jetzt, nebst den geschlossenen Darmdrüsen und den lenticulären Drüsen des Magens, die malpighischen Körperchen der Milz oder auch die Milz als Ganzes, die Balgdrüsen der Zungenwurzel und die Tonsillen, die Thymus und seit Kurzem auch gewisse, den Haussäugethieren eigenthümliche Drüsen der Conjunctiva der Augenlieder (Trachomdrüsen) mit den Lymphdrüsen vereinigt.

Es ist aber nicht der richtige Ausdruck für diese Verwandtschaft, wenn man die sämmtlichen Glieder der Gruppe geradezu für Lymphdrüsen erklärt. Dies wäre nur dann gestattet, wenn die Aehnlichkeit sich auf alle wesentlichen Beziehungen erstreckte, was der oberflächlichste Blick widerlegt; und es wäre nur dann eine Bereicherung unsers Wissens, wenn wir über den Bau und die Function der Lymphdrüsen zu einem sichern Abschluss gelangt wären. Dass dies nicht der Fall ist, muss bei aller Anerkennung der neuesten Arbeiten über diese Frage zugestanden werden. Man weiss von einem Maschengewebe, welches Körperchen enthält, die den Lymphkörper-

chen gleichen; aber über das Verhältniss der Maschenräume zum Lumen der Saugadern bestehn nur mehr oder minder präcisirte, mehr oder minder einander widerstreitende Vermuthungen. Nur Eins ist sicher und allgemein anerkannt, dass nämlich die Aeste zuführender Lymphgefässstämme sich innerhalb der Drüse verbreiten und dass sich Lymphgefässäste schliesslich wieder zu austretenden Stämmen sammeln. Und gerade diese in der Anatomie der eigentlichen Lymphdrüsen einzig sichere und einigermaassen verständliche Thatsache ist auch eine den Lymphdrüsen. eigenthümliche, die auf die übrigen Glieder der Gruppe keine Anwendung findet. Der Uebergang peripherischer Lymphgefässe in die solitären und peyerschen Drüsen des Darms kann nicht dadurch bewiesen werden, dass bei saugenden Thieren während der Verdauung sich zuweilen im Centrum, häufiger in der der Darmhöhle zugewandten Hälfte dieser Drüsen Chylusanhäufungen finden [1]). Denn erstlich hat sich bei Erwachsenen der Drüseninhalt niemals fettreich gezeigt, wie sehr auch die Lymphgefässe des Darms von Chylus erfüllt sein mochten, und zweitens ist die Chylusinfiltration bekanntlich nicht auf die Drüsen beschränkt, sondern erstreckt sich auf die Epithelialzellen und auf die Gewebslücken der Schleimhaut. Deshalb ist Kölliker der Ansicht, dass der Chylus ohne Vermittlung zuführender Gefässe durch die Epithelzellen und Bindegewebsinterstitien direct in die Follikel dringe. Besässe ein Organ von dem Volumen der Thymus zuführende Lymphgefässe nach Art der Lymphdrüsen, so könnten sich dieselben schwerlich dem Blick entziehn.

Man hat deshalb auch sehr bald diese Seite der Analogie aufgegeben oder sie doch gewissermaassen auf die Hälfte reducirt, indem man den Strom der Lymphe, statt durch die geschlossenen Darm- und andern Drüsen, von ihnen ausgehn liess und jene Drüsen, statt in die Mitte, an den Anfang des Lymphsystems verlegte [2]). Diese Annahme setzt freilich eine veränderte Anschauung von der physiologischen Bedeutung der eigentlichen Lymphdrüsen voraus. Denn die bisherigen Hypothesen über den Zweck und Nutzen der Lymphdrüsen, so manchfaltig sie sind, giengen doch alle von der Thatsache aus, dass die Lymphe den Drüsen, irgend wie vorbereitet, zugeführt wird; sie dachten an mechanische oder chemische Einflüsse, welche die Lymphe zum Behuf weiterer Ausbildung

[1]) Bruecke, Sitzungsberichte der Wiener Akademie 1855. p. 267. Kölliker, Würzb. Verhandl. Bd. VII. p. 177.

[2]) Donders Physiologie d. Menschen. Bd. I. 2. Aufl. p. 333.

innerhalb der Drüsen durch die Vertheilung und Vervielfältigung der Bahnen, durch die Berührung mit den Blutgefässen oder dem Parenchym erfahre. Soll aber von unipolaren Lymphdrüsen die Rede sein, so wären die Drüsen überhaupt nicht Entwicklungs- sondern Erzeugungsstätten der Lymphe und auch die Substanz der bipolaren Drüsen wäre als eine Art von blindem Anhang an dem Lymphgefässnetz zu betrachten. So fasst man sie wirklich auf, indem man ihr die Function zuschreibt, Lymphkörperchen zu erzeugen und dieselben an die vorüberströmende Lymphe abzugeben; die unipolaren Lymphdrüsen müssten freilich mit den Körperchen zugleich das Plasma der Lymphe bereiten.

Verzichtet man demgemäss bei den den Lymphdrüsen verwandten geschlossenen Drüsen und Drüsenbälgen auf den Nachweis der Vasa afferentia, so müssten sie doch in Bezug auf die Vasa efferentia den ächten Lymphdrüsen gleichen. Solche Gefässe aufzufinden, hat bis jetzt allein Bruecke und allein für die peyer'schen Drüsen versucht [1]), mit zweifelhaftem Erfolg. Zwar gelang es ihm, durch directe Injection der Follikel ein Netz zwischen denselben zu füllen, aus welchem sich die gefärbte Masse bis in die Lymphgefässe des Mesenteriums verbreitete. Indessen geht bekanntlich von jeder Körperstelle aus Injectionsmasse aus den Räumen des lockern Bindegewebes in Lymphgefässe über. Man möge dies nun, wie es die Meinung der Mehrzahl der Anatomen ist, als Folge der Zerreissung peripherischer Lymphgefässnetze betrachten oder Bruecke beitreten, der überall offene Communication der Lymphgefässanfänge mit den Bindegewebszwischenräumen annimmt: weder in dem Einen, noch im andern Falle zeichnet sich das Bindegewebe, das die peyer'schen Drüsen umgiebt, vor anderm Bindegewebe aus. Faserbündel, welche Gefässe zu enthalten schienen, sah Bruecke von der dem Peritoneum zugewandten Seite der peyer'schen Drüsenbläschen, wie auch von den Wurzeln der Zotten ausgehn. Aber weder von dem einen noch von dem andern dieser Organe aus sind die Faserbündel bis zu unzweifelhaften Lymphgefässen verfolgt worden. Hyrtl [2]), dem es gelang, die Darmlymphgefässe grosser Vögel vollständig zu injiciren, sah nie ein Lymphgefäss zu oder von einem peyer'schen Follikel kommen. Ueber die aus andern geschlossenen Drüsen stammenden Lymphgefässe fehlt es ganz an nähern Angaben, man müsste denn hieher eine Beobachtung

[1]) Ueber den Bau und die Bedeutung der peyer'schen Drüsen. Denkschrift d. Wiener Acad. 1850. p. 21.

[2]) Lehrb. d. Anatomie. 6. Aufl. p. 573.

E. H. Weber's[1]) beziehen, welcher von dem gewaltsam mit Quecksilber erfüllten Hohlraum einer Zungenbalgdrüse aus das Quecksilber in feine oberflächliche Lymphgefässnetze eindringen sah. Ohne Zweifel hatte hier eine Zerreissung der den Hohlraum auskleidenden Schleimhaut stattgefunden und die Injectionsmasse war durch den Riss in die Lymphgefässe übergegangen, wie, nach J. Müller's bekanntem Versuch, die Milch aus strotzend gefüllten Darmschlingen durch Kneten in die Lymphgefässe der Darmwand eingetrieben wird. Nichts deutet zur Zeit darauf hin, dass die Lymphgefässstämme aus geschlossenen Drüsen in Zahl oder Caliber oder in irgend einer andern Weise von der gewöhnlichen Anordnung abweichen.

Sehen wir indessen über diese Lücke der Beobachtung hinweg, die bei der Schwierigkeit, den peripherischen Verlauf der Lymphgefässe zu erforschen, so bald nicht ausgefüllt werden wird, so ist der Gewinn immer noch problematisch, den man erreicht, wenn man das, was man von den ächten Lymphdrüsen weiss, auf die ganze Gruppe überträgt. Denn der Anschein von Zuverlässigkeit, den die Lehre von dem Bau und der Function der Lymphdrüsen in neuester Zeit gewonnen hat, ist täuschend: er beruht mehr auf Einstimmigkeit der Meinungen, als der Erfahrungen und der Weg, der zum Abschluss geführt hat, erweist sich bei genauerer Betrachtung als ein kreisförmiger. Um die Annahme einer freien Zellenbildung innerhalb der Lymphe zu beseitigen, bedarf man der Lymphdrüsen, deren, wie man voraussetzt, in fortwährender Vermehrung begriffene Körperchen in die Lymphe übergehn sollen. Der Beweis dafür ist nur durch Vergleichung der in die Drüsen ein- und aus denselben ausströmenden Lymphe zu liefern; jene muss klar sein und die Körperchen dürfen erst in den Vasa efferentia auftreten. Da die Beobachtungsresultate sich nicht fügen und die Lymphe jenseits aller Lymphdrüsen Körperchen führt, so suchte man nach peripherischen Organen, welchen die Bildung jener vordrüslichen Körperchen zuzutheilen wäre. Als solche sieht man die peyer'schen Drüsen und ähnliche deshalb an, weil sie in gewissen Beziehungen den Lymphdrüsen gleichen und weil, wenn sie nicht Lymphkörperchen bereiteten, auch die Lymphkörperchen bereitende Function der eigentlichen Lymphdrüsen widerlegt wäre.

Aber es fehlt nicht nur an positiven Gründen für diese in einander verschränkten Hypothesen; es bleiben Widersprüche zu lösen, die ihnen zur Zeit noch direct entgegenstehn. Es

[1]) Meckel's Archiv 1827. p. 282.

müssten die Organe erst noch entdeckt werden, in welchen die Körperchen sich bilden, die in der von der äussern Haut und von glatten Schleimhäuten stammenden Lymphe enthalten sind oder es müsste doch wenigstens nachgewiesen werden, dass die Lymphgefässe, die in der Gegend geschlossener Drüsen ihren Ursprung nehmen, eine an Körperchen überwiegend reiche Lymphe führen. Dass die Lymphe aus den eigentlichen Lymphdrüsen reicher an Körperchen hervorgeht, als sie in dieselben eingetreten ist, spricht nicht unabweislich für die Erzeugung der Körperchen aus dem Drüsenparenchym. Auch unter der Voraussetzung, dass sie von sich aus sich vervielfältigen, und selbst unter der Annahme einer freien Entstehung derselben aus dem Blastem war es begreiflich, warum Verlangsamung des Lymphstroms und Erleichterung des Austausches mit den Blutgefässen die Vermehrung der Lymphkörperchen begünstigt. Fällt mit der Vergrösserung der Milz und der Lymphdrüsen beständig eine Vermehrung der farblosen Körperchen des Bluts zusammen, so kann dies als Beweis für die Entstehung der Körperchen in jenen Drüsen doch erst dann verwendet werden, wenn man sich überzeugt hat, dass der Körperchengehalt der Lymphe nicht schon vor den Drüsen erhöht ist.

Einstweilen also gewährt die Vergleichung der geschlossenen Drüsen mit Lymphdrüsen nur die falsche Beruhigung, ein Unbekanntes durch ein anderes Unbekanntes zu erklären. Die Lymphdrüsen, insofern sie mehr als Lymphgefässkanäle sind, bedürfen selbst der Erklärung und mit demselben Rechte, mit welchem man Milz, peyer'sche Drüsen, Tonsillen etc. zu den Lymphdrüsen zählt, dürfte, wer eine plausible Ansicht von der Function des Einen oder andern jener Organe gewonnen zu haben glaubt, die Lymphdrüsen als eine Art in Lymphgefässe eingefügter Milzen etc. ansprechen.

Ich habe von dieser Freiheit Gebrauch gemacht und Aufschlüsse über die Lymphdrüsen bei den verwandten, zum Theil jedenfalls minder complicirten Organen gesucht. Die Aufschlüsse sind in physiologischer Beziehung dürftig und lassen einen weiten Spielraum für Vermuthungen; dagegen haben meine Untersuchungen in anatomischer Beziehung zu positiven und sehr einfachen Resultaten geführt. Die sogenannten Acini der Lymphdrüsen, die sogenannten Follikel des Magens und Darms, der Zungenbalgdrüsen und Tonsillen und der Augenlieder, die Läppchen der Thymus wie die malpighischen Körperchen der Milz, die ich alle unter dem Namen der conglobirten Drüsen, der ältern Benennung für die Lymphdrüsen,

zusammenfassen werde, bestehn aus einem netzförmigen, von Gefässen durchsetztem Bindegewebe, in dessen Maschen kuglige Körperchen, durch ein mehr oder minder zähflüssiges Bindemittel zusammengehalten, infiltrirt sind. Die Balken des Bindegewebsnetzes sind von wechselnder Stärke, die Maschen mehr oder minder eng, mehr oder minder regelmässig; unter Umständen ist das Netz an der Peripherie eines kugelförmigen Klumpens der Körperchen zu einer Membran, einer Art Kapsel, zusammengedrängt, welche trotz ihrer Spalten dicht genug ist, ihren zähen Inhalt zurückzuhalten. Eine structurlose, der Tunica propria acinöser Drüsen vergleichbare Kapsel existirt nirgends; der Anschein einer solchen entsteht nur dadurch, dass der aus Lücken und Rissen der bindegewebigen Umhüllung hervorquellende Inhalt, in Berührung mit Wasser, an der Oberfläche gerinnt (Fig. 4) [1]).

Was zuerst die Körperchen betrifft, so sind sie im frischen Zustande kuglig, glatt, von mässig dunkeln Conturen. In destillirtem Wasser werden sie sehr blass, fast unsichtbar und so verhalten sie sich auch an getrockneten und wieder aufgeweichten Präparaten; sie stellen hier, haufenweise zusammenliegend, eine gleichförmige, klare Masse dar; in concentrirter Essigsäure, in Salpetersäure, Chromsäure, sowie in Glycerin werden sie, auch nach längerem Verweilen in Wasser, dunkel, rauh, selbst körnig; in verdünnter Essigsäure hebt sich von vielen, wenn nicht von allen, eine Zellenmembran ab, innerhalb welcher der Kern sich immer mehr verkleinert; an Präparaten, welche in einer Lösung von saurem chromsaurem Kali aufbewahrt wurden, zeigen die Körperchen ebenfalls einen unregelmässigen hellen Saum, der aber gegen den dunklern centralen Theil nicht scharf abgesetzt ist und deshalb nicht den Eindruck einer vom Kern abgehobenen Hülle gewährt. Verdünnte Kalilösung macht die Körperchen blass und löst sie nach einigen Minuten vollständig auf, concentrirte verwandelt sie sogleich in eine feinkörnige, flüssige Substanz, aus welcher sie sich durch Säuren nicht wieder herstellen lassen. Erstreckt sich die Infiltration des Bindegewebes bis

[1]) Diese Gerinnung ist Ursache, dass Gerlach (Handb. der Gewebelehre, 2. Aufl. p. 244) die ausgetretenen Massen des Parenchyms der Malpighischen Körperchen von einer feinen, structurlosen, die Ausstülpungen umkleidenden Membran umgeben sah. Und so ist auch die ausserordentlich feine, structurlose Membran der Röhren, welche demselben Beobachter (p. 320) zufolge innerhalb der Darmfollikel die Kerne und zellenartigen Bildungen einschliessen sollen, nichts andres, als der äussere Contur der gegen das Wasser scharf abgesetzten Parenchymfragmente.

dicht unter die Oberhaut und grenzen die Körperchen der Drüsensubstanz unmittelbar an die tiefste Lage der Schleimschicht, so unterscheiden sie sich von den Kernen der letztern doch deutlich durch ihre minder regelmässige Anordnung, geringere Dimensionen und den Mangel des, den Kernen des Epithelium eigenen Stiches in's Gelbe. In der scheinbar nicht infiltrirten Bindegewebsschichte, die in den meisten Fällen Epithelium und Follikel von einander trennt und als eigentliche Schleimhaut betrachtet wird, weist Essigsäure, indem sie das Bindegewebe aufhellt. vereinzelte Körperchen nach, (Fig. 1), ganz ähnlich denjenigen, deren massenhafte Anhäufung den Follikel bildet. Auch sie reichen bis an die Kerne der Schleimschichte, vor denen sie sich, ausser durch die eben angegebnen Charaktere, auch noch dadurch auszeichnen, dass sie grösetentheils in einer auf die Schleimhautoberfläche senkrechten Richtung abgeplattet sind, während die Kerne der Schleimschicht den längern Durchmesser senkrecht gegen die Oberfläche der Schleimhaut wenden. Ich habe dem, was man von den Varietäten der Form und Reaction der Körperchen weiss, nichts hinzuzufügen und versuche hier nicht, die Controverse zu erledigen, ob es unter ihnen hüllenlose Kerne gebe oder ob die nackten Kerne sämmtlich aus zufällig geplatzten oder aufgelösten Zellen herrühren, wiewohl ich Kölliker[1]) beistimmen muss, dass, je vorsichtiger man die Präparate behandelt, um so geringer die Zahl der nackten Kerne ist. Auch auf die Frage nach der Entstehung und Entwicklung der Körperchen habe ich nicht direct mein Augenmerk gerichtet; doch kann ich, ohne die Möglichkeit einer Vermehrung derselben durch Theilung zu bestreiten, nicht verschweigen, dass die bisher dafür vorgebrachten Beweise bei vorurtheilsfreier Untersuchung in einem sehr zweifelhaften Licht erscheinen. Allerdings kommen bedeutende Schwankungen der Grösse vor (der Durchmesser des Kerns der meisten variirt zwischen 0,005 und 0,01 Mm., und einzelne bleiben unter diesem Maasse oder übertreffen es); auch zeigen die Kerne Einrisse und Einschnürungen, in welchen man einen Anlauf zur Theilung erkennen kann. Aber wenn diese beiden Thatsachen einander unterstützen sollten, so müssten die auf Theilung deutenden Formveränderungen vorzugsweise, wenn nicht ausschliesslich, an den grossen Kernen gefunden werden, was keineswegs der Fall ist. Die bei weitem grösste Mehrzahl der Kerne erhält sich, wenn man verdünnte Essigsäure langsam

[1]) Würzb. Verhandl. Bd. VII. p. 192.

einwirken lässt, einfach kuglig; wirkt die Essigsäure länger und stärker, so erscheinen neben unvollkommen zweitheiligen auch mehrtheilige, bohnenförmige, zackige und ganz unregelmässige Kernformen, aus deren Zusammenstellung sich ergibt, dass der Zufall bei ihrer Entstehung die Hauptrolle spielt. Es giebt Kerne mit einem oder zwei Kernkörperchen, aber auch mit dreien und mehreren; es hängen zwei Zellen aneinander, aber auch drei, und sehr oft sieht man Drüsenzellen und Blutkörperchen, fest aneinanderhaftend, umherschwimmen. Das allein Entscheidende, Zellen mit zwei völlig getrennten Kernen, sind in den Drüsen eine eben so seltene Erscheinung, wie in der Lymphe, und eingeschnürte, zur Theilung vorbereitete Zellen sind beim Erwachsenen weder hier noch dort einem Beobachter begegnet.

Eigentlich cytoide, den Elementen des Eiters ähnliche Körperchen habe ich in dem Parenchym conglobirter Drüsen, mochte es mehr oder weniger von Flüssigkeit durchtränkt sein, niemals gesehn, auch nicht in dem eiterartigen Inhalt einer durch Verklebung ihrer Mündung abgeschlossenen Bucht der Tonsille: er enthielt nur Epithelschüppchen, Cholestearinkrystalle und eine geringe Menge der der Drüsensubstanz eigenthümlichen Körperchen. Dagegen führt der Saft, welcher sich aus Lymph- und andern conglobirten Drüsen auspressen lässt, nicht selten zahlreiche, feine Moleküle von derselben Art, wie die, die dem Chylus die milchweisse Farbe ertheilen; sie schwinden in Essigsäure, indem sie sich zu dunkeln, faserigen und ästigen Gerinnseln zusammenballen. Eine Art dunkler, rauher und selbst zackiger Körperchen, die die regelmässigen kugligen Elemente des Drüsenparenchyms an Grösse übertreffen und der Einwirkung concentrirter Kalilösung widerstehn, halte ich für Zersetzungsproducte; sie kommen in frischen Präparaten nicht vor und scheinen sich während des Trocknens, vielleicht aus dem Blutfarbestoff, zu erzeugen. Am reichlichsten finden sie sich in der rothen Pulpa der Milz (Fig. 15).

Ueber das Verhältniss der Gefässe zum Parenchym der conglobirten Drüsen gab eine Entdeckung Frey's den ersten Aufschluss, welche zugleich den ersten Grund legte zu dem Umschwung in der physiologischen Auffassung der geschlossenen Drüsen. Wie man bis dahin die Blutgefässe der Darmfollikel gekannt hatte, sollten sie sich in der äussern Umhüllung der letztern netzförmig verbreiten; demnach lag es nahe, die Körperchen des Follikels im Gegensatz zur Hülle für den Inhalt, ja für das Secret der Wandung des Balges zu nehmen, welches bestimmt sei, durch Berstung des Balges frei zu werden,

wie das Ei durch Berstung der gefässreichen Wand des Eierstockfollikels in's Freie gelangt. Frey [1]) zeigte, dass der Follikel durchzogen ist von einem Capillarnetz, welches aus den zwischen den Follikeln verlaufenden Stämmchen seinen Ursprung nimmt. Damit war jeder Gedanke an eine Berstung und Entleerung des Follikels widerlegt und die Körperchen, die zuvor den Schleimkörperchen an die Seite gestellt worden waren, wurden zu Elementen eines Gewebes, welches die Maschen des Gefässnetzes ausfüllt und aus diesem Netze seine Nahrung erhält.

Frey's Angaben wurden bald von verschiedenen Seiten bestätigt und erweitert. Kölliker entdeckte ein ähnliches Gefässnetz in den malpighischen Körperchen der Milz [2]) und in den Acini oder Alveolen der Lymphdrüsen [3]), in welchen es auch von Donders gesehen wurde [4]); in den sogenannten Follikeln der Tonsillen und Balgdrüsen der Zunge glaubt Kölliker [5]) ebenfalls Gefässe wahrgenommen zu haben. Der Gefässnetze in den Trachomdrüsen gedenken Bruch [6]) und Stromeyer [7]). Genauer, aber nicht ganz übereinstimmend, beschreiben Kölliker [8]) und Jendrássik [9]) die Gefässverbreitung in dem Parenchym der Thymus. Nach Kölliker, welcher noch an einen den Thymusläppchen gemeinschaftlichen Hohlraum oder Centralkanal glaubt, gegen den das Parenchym der Drüse sich durch ein zartes, bindegewebiges Häutchen abgrenzen soll, liegen die Hauptstämme der arteriellen Gefässe neben den venösen Stämmen dicht unter diesem Häutchen und geben sowohl nach innen, als nach aussen, gegen die äussere Begrenzungshaut, Aeste ab, welche ein das ganze Parenchym erfüllendes Capillarnetz erzeugen und dicht unter der äussern Oberfläche schlingenförmig enden, ohne mit den Gefässen des die Läppchen einhüllenden Bindegewebes in Verbindung zu stehn. Jendrássik dagegen bestätigt die bereits von Ecker gemachte Angabe, dass die arteriellen Stämmchen der Thymus an der äussern Oberfläche der Läppchen hin-

[1]) F. Ernst über die Anordnung der Blutgefässe in den Darmhäuten. Zürich 1851. p. 28.
[2]) Mikroskop. Anat. 2. Bd. 2. Hälfte. p. 263.
[3]) Ebendas. p. 192.
[4]) Nederlandsch Lancet 3. Serie. 2. Jaarg. p. 553.
[5]) Würzb. Verh. Bd. IV. p. 60.
[6]) Zeitschr. für wissensch. Zoologie. Bd. IV. p. 297.
[7]) Deutsche Klinik. 1859. Nr. 25.
[8]) Mikroskop. Anat. a. a. O. p. 338.
[9]) Sitzungsberichte der mathem.-naturwissenschaftl. Classe der wiener Acad. Bd. 22. pag. 75.

ziehn und ein Capillarnetz in der äussern Begrenzungshaut bilden; die äussere Begrenzungshaut durchbohrend treten sodann einzelne arterielle Aeste in das Parenchym ein, lösen sich in ein dichtes Capillarnetz auf, welches besonders im peripherischen Theil des Läppchens seinen Sitz hat und aus welchem die venösen Aeste entspringen, die gegen die Mitte des Läppchens convergiren und sich vereinigen. Sie münden schliesslich in die Hauptvenenstämme, die in der Axe der Drüse der Länge nach verlaufen. Dass diese Venenstämme von arteriellen begleitet werden, bestreitet Jendrássik und aus der Anhäufung des Venenblutes in der Axe der Thymus und in dem Centrum der einzelnen Läppchen macht er begreiflich, warum an diesen Stellen bald nach dem Tode eine Erweichung eintritt, die die Annahme des centralen Kanals und seiner den Läppchen entsprechenden Ausbuchtungen veranlasst hat.

Insofern diese Beschreibungen sämmtlich voraussetzen, dass die Follikel und Läppchen von einer besondern Hülle umfasst und gegen die Nachbarschaft abgeschlossen seien, habe ich Einwendungen dagegen zu machen, die sich aus der nachfolgenden Darstellung des Bindegewebsgerüstes von selbst ergeben werden. Ich finde aber auch die Gefässausbreitungen innerhalb des Parenchyms durch die Bezeichnung „Capillarnetze" nicht hinreichend charakterisirt und vermisse darin die Berücksichtigung der zahlreichen Verschiedenheiten, welche sogar zwischen Organen gleicher Kategorie bei einem und demselben Individuum vorkommen. Am regelmässigsten und grösstentheils wirklich capillar sind die Gefässnetze in den Darm- und Trachomdrüsen; aus der Milz dagegen gewinnt man nicht selten Durchschnitte malpighischer Bläschen, welche kein einziges Capillargefäss, sondern nur je ein arterielles und ein venöses Stämmchen bald neben einander, bald weiter von einander entfernt enthalten (Fig. 14, 15) und auch in den Tonsillen (Fig. 8) und in den Lymphdrüsen (Fig. 19), schliessen die Acini öfters zahlreiche Stämmchen grössern Kalibers ein. Die arteriellen Stämmchen sind, ausser an ihrer Stärke, auch an dem Bau der Wandungen zu erkennen, welche aus einer relativ mächtigen, hellen mittlern Haut und einer deutlich längsfaserigen, elastischen Intima bestehn. An den Venen ist diese elastische Haut schwächer oder sie fehlt ganz. Die Capillargefässe sind mit den bekannten Kernen besetzt, die aber an den mit verdünnter Kalilösung behandelten Präparaten schwinden. Im Pancreas Asellii des Hundes und in den Lymphdrüsen des Menschen kommen Querschnitte von Gefässen vor,

die sich wie einfache, von keiner besondern Membran ausgekleidete Lücken des Bindegewebes ausnehmen; vielleicht sind dies die Lumina der Lymphgefässe (Fig. 18, 19 *aa*.).

Das am wenigsten erforschte und zugleich am meisten missverstandene Element der conglobirten Drüsen ist das Fasernetz. Das Bindegewebe, welches die Läppchen der Thymus von einander sondert und in das Innere der Läppchen unvollkommene Scheidewände schickt, konnte nicht leicht übersehen werden. Auch an der Oberfläche der malpighischen Körperchen der Milz kennt man seit längerer Zeit ein Netz feiner Fäden, welche ich [1]) als Bindegewebe ansprach, von welchen Ecker [2]) es anfangs zweifelhaft liess, ob sie nicht Falten einer structurlosen Membran seien, während er sie später [3]) mit Gerlach [4]) und Kölliker [5]) für elastische Fasern erklärte [6]). Das Bindegewebsgerüste im Innern der malpighischen Bläschen wurde zuerst, allerdings auf einem Umwege, von Leydig [7]) nachgewiesen. In der Milz der Fische findet er die Arterien in ihrem ganzen Verlaufe umhüllt von einer weissgrauen Substanz, die er dem Parenchym der malpighischen Körperchen höherer Thiere vergleicht. Von beiden behauptet er, dass sie Anhäufungen von Zellengruppen in der Adventitia der Gefässe seien, dort gleichmässig, hier an einzelnen Stellen knospenartig vorspringend; von der Adventitia der Arterienzweige bei den Fischen aber giebt er an, dass sie, aus Bindegewebe bestehend, sich feinmaschig auflöse, um in ihre Zwischenräume Zellengruppen aufzunehmen. Eine zarte maschige Bindesubstanz findet Leydig ferner in kleinen, weissgrauen Inseln der Milz von Rana und Bufo, die offenbar die Bedeutung malpighischer Körperchen haben [8]). Der Anhäufung von Kernen und Zellen in dem netzartig aufgelockerten Bindegewebe der Adventitia begegnet aber derselbe Beobachter auch an den Mesenterialgefässen von Trigla hirundo [9]). Diese erhalten dadurch eine Scheide von Drüsenfollikeln, welche Leydig für Lymphdrüsen erklärt, weil, Fohmann zufolge, die Lymph-

[1]) Allg. Anat. p. 1001.
[2]) Der feinere Bau der Nebennieren. Braunschw. 1846. p. 10.
[3]) R. Wagner's Handwörterb. Bd. IV. p. 135.
[4]) Gewebelehre. p. 216.
[5]) Todd's cyclopaedia. Vol. IV. p. 777.
[6]) In Ecker's Icon. physiol. Taf. VI. ist dies Netz, wie mir scheint, mit zu engen Maschen abgebildet.
[7]) Unters. über Fische und Reptilien. Berl. 1853. p. 21.
[8]) Ebendas. p. 46.
[9]) Müller's Arch. 1854. p. 323. Histologie p. 424.

gefässe der Fische häufig in Form scheidenartiger Hüllen um Blutgefässe verlaufen.

Unterdessen hatte das Fasernetz der entschiedenen Lymphdrüsen höherer Wirbelthiere durch Bruecke's Untersuchungen [1]) eine andere Bedeutung gewonnen. Zwar fasst es auch dieser Beobachter als Fortsetzung der Adventitia der Blutgefässzweige auf, welche das Gerüste der Marksubstanz der Drüsen bilden; aber er sieht das Bindegewebe der Adventitia um so zarter, lockerer und kernreicher werden, je mehr die Gefässe sich verfeinern, so dass zuletzt an die Stelle ausgebildeter Bindegewebsfasern Kerne treten mit eng umschliessender Zellenmembran, die in 2 oder 3 dünne, zugespitzte, zuweilen platte, meist fadenförmige Fortsätze ausgeht. Kölliker [2]) erkennt in dem Stroma der Marksubstanz der Lymphdrüsen nichts anderes, als derbes Bindegewebe, erklärt dagegen das Fasernetz der Follikel der Rindensubstanz, welches Donders [3]) entdeckt und richtig beschrieben hatte, für ein Netz sternförmiger Faserzellen, eine besondere Modification des von ihm sogenannten netzförmigen Bindegewebes. Damit stimmen Billroth [4]), Virchow [5]), Frey [6]) und Ecker [7]) überein; das Netz besteht nach Virchow aus sternförmigen, oft kernhaltigen Balken, nach Frey aus zarten, mehrstrahligen Zellen, welche an die Zellen des Virchow'schen Schleimgewebes erinnern.

Dasselbe Netz sternförmiger Zellen erkennen Förster [8]) und Billroth [9]) wieder in der Milz, Huxley [10]) in den Tonsillen, Heidenhain [11]) in den Darmfollikeln: der letztere unterscheidet grosse ovale und kleine runde Kerne, jene mehr in den Knotenpunkten des Netzes, diese im Verlauf der einzelnen Balken eingebettet. Ueber die Natur des Maschenwerks normaler Tonsillen spricht sich Billroth, der dasselbe zuerst beschrieb [12]), nicht bestimmt aus; in hypertrophischen

---

[1]) Zeitschrift der Gesellschaft der Aerzte zu Wien. 1853. p. 572.

[2]) Würzb. Verhandl. Bd. IV. p. 107. Mikroskop. Anatomie Bd. II. Abth. 2. p. 528. Gewebelehre. 3. Aufl. p. 585.

[3]) Nederlandsch Lancet a. a. O. Physiologie des Menschen. Aus dem Holländischen von Theile. 2. Aufl. p. 329.

[4]) Beitr. zur patholog. Histologie. Berlin 1858. p. 143.

[5]) Cellularpathologie p. 157.

[6]) Histologie und Histochemie. p. 510.

[7]) Icon. physiolog. 4. Lief. Taf. V. fig. 10.

[8]) Atlas der mikroskop. patholog. Anat. p. 79.

[9]) Müller's Archiv. 1857. p. 88.

[10]) Microscop. Journ. Vol. II. p. 74.

[11]) Reichert und Dubois-Raymond, Archiv. 1859. p. 460.

[12]) Beitr. p. 133.

Tonsillen zeigt es sich ihm reich an ovalen, hier und da in Theilung begriffenen Kernen mit deutlichen Kernkörperchen [1]).

Der einzige, der sich ausdrücklich gegen diese Darstellung, zunächst mit Bezug auf die Lymphdrüsen, erklärt, ist Eckard [2]). Nur für Embryonen giebt er eine Zusammensetzung des Netzes aus anastomosirenden sternförmigen Zellen zu; beim Erwachsenen seien die Bälkchen auf dem Querschnitt kleiner, als ein Zellenkern; sie haben den chemischen Charakter elastischer Fasern, erweisen sich aber, wie Eckard an Präparaten aus angeschwollenen Bronchialdrüsen besonders deutlich erkannt zu haben glaubt, als Röhren mit feinkörnigem Inhalt und als unmittelbare Fortsetzungen der Blutgefässcapillarien. In einer neuen Arbeit [3]) nennt Eckard das Gerüst der Lymphdrüsen, so wie der peyer'schen Follikel und der Tonsillen und Zungenbalgdrüsen geradezu ein elastisches Fasernetz.

Das Netz der Trachomdrüsen hat Stromeyer kennen gelehrt und mit einfachen Worten als Bindegewebe bezeichnet, wofür es auch W. Krause [4]) anspricht.

Wenn ich nun behaupte, dass nur am Anfang und Ende dieser Reihe von Meinungsäusserungen das Richtige getroffen sei, so liegt mir zugleich ob, zu erklären, wie die in der Mitte befindlichen, — von welchen jedoch Donders auszunehmen ist — zum Irrthum verleitet wurden. Es ist einerseits die Präparationsmethode, andrerseits die Auslegung des mikroskopischen Bildes anzuklagen. Die Behandlung der Drüsen mit Chromsäure, deren sich Eckard nach der Empfehlung von His und Billroth [5]) bediente, hat den Vortheil, die Gewebe zu härten, so dass sich feine Schnitte anfertigen und die Körperchen mit einem Pinsel aus den Maschen des Netzwerks auswaschen lassen; sie hat aber den grossen Nachtheil, die Unterschiede zwischen den Fasern des elastischen und Bindegewebes zu verwischen, indem sie die letztern dunkler und resistenter macht. Im frischen Zustande werden die Fasern des netzförmigen Stroma, wie schon Donders angab, durch Essigsäure und verdünnte Kalilösung blass; dies allein reicht hin, Eckard's Ansicht zu widerlegen.

Was nun die Kerne betrifft, die man in den Knotenpunkten und hier und da auch in den Balken wahrgenommen haben

[1]) Ebendas. p. 164.

[2]) De glandularum lymphaticarum structura. Diss. inaug. Berol. 1858.

[3]) Virchow's Archiv. Bd. XVII. p. 171.

[4]) Die terminalen Körperchen der einfach sensibeln Nerven. Hannover 1860. p. 114.

[5]) Beitr. p. 135.

will und derentwegen man das Stroma für ein Netz stern- und spindelförmiger Zellen, sogenannter Bindegewebskörperchen, erklärt hat, so liegt hier wieder ein neues und lehrreiches Glied des Systems optischer Täuschungen vor, welche seit Jahren die Anatomie des Bindegewebes verwirren. Der vermeintliche Kern ist nichts andres, als der kreisrunde oder elliptische Querschnitt der aus dem Netze senkrecht gegen das Auge des Beobachters aufsteigenden Bindegewebsbündel und Capillargefässe; der Anschein eines Kernkörperchens mag gelegentlich von Unebenheiten der Schnittfläche, von elastischen, durch die Axe der Bindegewebsbündel verlaufenden Fasern, von irgend einem Inhalte der Gefässe u. dgl. veranlasst sein. Die feinsten, wie die gröbsten Netze gewähren, aus begreiflichen Gründen, nicht leicht das Bild eingestreuter Kerne; am verführerischsten sind Netze von ungleicher Stärke der Balken, deren eins aus der menschlichen Tonsille in Fig. 8 abgebildet ist: die Querschnitte der stärkern verticalen Bündel machen mit den rechtwinklig von ihnen ausgehenden und in der Ebene des Gesichtsfeldes sich verästelnden feinern Bündeln ganz den Eindruck kugeliger Körper mit fadenförmigen Ausläufern. Doch ist die Ermittlung des wirklichen Sachverhaltes nicht so schwer und ich darf bekennen, dass der erste Blick auf den zweckmässig vorbereiteten Durchschnitt eines solchen Fasernetzes mich über die Natur dieser Zellen aufgeklärt hat, wobei mir freilich ein wohlerworbenes Misstrauen gegen alle Arten von Bindegewebskörperchen zu Statten gekommen sein mag. Die kreisförmigen und elliptischen Conturen, die als Kerne gedeutet werden, liegen nämlich, wie man bei Anwendung starker Vergrösserungen sieht, nicht in Einer Ebene mit den Netzen; sie schweben gleichsam über denselben und werden matter, wenn man den Focus genau auf die Bälkchen, in welchen sie eingeschlossen sein sollen, einstellt. Auch erhalten sie sich bei Veränderung des Focus länger in Sicht, als kugelige oder gar platte Körperchen thun würden. Doch habe ich mich auf diesen Beweis aus dem Augenschein nicht verlassen und andere, minder delicate, freilich auch minder directe Mittel der Entscheidung zu Hülfe genommen. Die Behandlung mit verdünnter Kalilauge, welche nach kurzer Zeit die Körperchen des Parenchyms der conglobirten Drüsen, wie auch sonst alle kernartigen Gebilde auflöst, ist auf die scheinbaren Kerne des Bindegewebsnetzes ohne Einfluss. Essigsäure dagegen, welche die Körperchen des Parenchyms, wie überhaupt die Kerne, dunkel und deutlich macht, zerstört durch die Quellung des Bindegewebes, die sie veranlasst, auch die Aehnlichkeit mit

einem Zellennetz. Scheinen die Kerne des Zellennetzes zahlreich und deutlich, so genügt die Verschiebung des Deckgläschens oder ein verstärkter Druck und selbst die theilweise Verdunstung des Wassers, um einen Theil der Kerne zum Verschwinden zu bringen; alles dies, weil dadurch die verticalen Bälkchen bestimmt werden, sich niederzulegen. Deswegen, weil von solchen Zufälligkeiten abhängig, fand auch Heidenhain die Zahl der im Balkenwerke eingeschlossenen Kerne so sehr veränderlich. Mit einiger Geduld lässt sich jeder einzelne auf die angegebne Weise als Endfläche eines Bälkchens erkennen.

Gegen die Behauptung, welche Eckard in seiner Dissertation ausgesprochen und in der spätern Abhandlung zwar nicht wiederholt, aber doch auch nicht ausdrücklich zurückgenommen hat, dass nämlich die Bindegewebsbälkchen eine Art seröser Gefässe, unmittelbare Fortsetzungen der feinsten Blutgefässe seien, hat bereits Heidenhain sich erklärt; doch ist auch ihm in seltenen Fällen mittelst Injection der Nachweis eines directen Uebergangs des Lumens der Blutgefässe in die Bälkchen, die dann natürlich hohl sein müssten, gelungen. Ich würde unbedenklich jedes Bälkchen, welches Injectionsmasse aufnimmt und dennoch sich hohl erweist, als Theil des Capillarnetzes ansprechen und glaube, dass die Annahme hohler Bälkchen ihren Grund nur in der Schwierigkeit hat, leere und zusammengefallene oder unvollkommen gefüllte Gefässe von Bindegewebssträngen zu unterscheiden. Fälle, wie die von Heidenhain abgebildeten, wo die Bindegewebsbälkchen mit breiter, dreieckiger Basis an der Gefässwand befestigt schienen, habe auch ich häufig gesehn; allein bei richtiger Vergrösserung erwies sich jenes Dreieck immer als eine sehr kleine Bindegewebsmasche, begrenzt von der Gefässwand und zwei gegen dieselbe divergirenden Bindegewebsbündelchen (Fig. 11). Wahrscheinlich stehn auch die letztern nicht mit der eigentlichen Gefässwand in Verbindung, sondern wieder mit Bindegewebsbündeln, welche dem Gefäss nur dicht anliegen. Solche zeigen sich, quer durchschnitten, neben Querschnitten von Gefässen (Fig. 8 *aa*) und an Capillarien, die im frischen Zustande nur einfache, ebene oder fein gekräuselte Conturen darbieten, wird durch Maceration in chromsaurer Kalilösung eine zarte Adventitia aus feinen, longitudinalen Bindegewebsbündeln sichtbar (Fig. 12), die die längsovalen Kerne einschliesst.

Leydig's Ansicht, dass das Gerüste der conglobirten Drüsen die aufgefaserte Bindegewebshaut der Gefässe sei, passt auf manche Fälle und insbesondere auf die malpighischen

Körperchen der Milz, durch welche meist ein Arterienstämmchen, mit oder ohne entsprechende Vene, bald central, bald excentrisch verläuft. Aber die Bindegewebshaut der Gefässe hat vor anderm lockerem Bindegewebe nichts voraus und auch andere Netze können durch Einlagerung jener, den Lymphkörperchen ähnlichen Gebilde zu conglobirten Drüsen werden, wie eben das Vorkommen conglobirter Drüsenmassen in der submukösen Schichte und in der Substanz mancher Schleimhäute, unabhängig von stärkern Gefässen, beweist. Wollte aber die Netzform des bindegewebartigen Stroma als etwas für die conglobirten Drüsen Charakteristisches angesehn werden, so ist dagegen zu erinnern, dass es gar kein anderes, als netzförmiges Bindegewebe giebt und dass selbst das straffe, parallel faserige Bindegewebe der Sehnen insofern netzförmig zu nennen ist, als sämmtliche Primitivbündel reichlich, freilich unter sehr spitzen Winkeln, mit einander anastomosiren. Der Unterschied des Sehnen- und des eigentlich netzförmigen Bindegewebes besteht darin, dass die Maschen dort eng, spaltförmig, hier weit geöffnet sind: beide Arten haben ihren gemeinsamen Ausgangspunkt in dem embryonalen Bindegewebe, welches sich als ein Gitterwerk in den Zwischenräumen regelmässig geordneter Kerne entwickelt und entweder zum Parallelismus der Fasern oder zur Netzform tendirt, je nachdem die Kerne sich entweder verschmälern und schwinden oder sich ausdehnen und vermehren. Damit soll nicht gesagt werden, dass jedes weitmaschige Bindegewebsnetz auf diese Weise entstanden sei. Jeder mechanische Druck oder Zug übt die gleiche Wirkung und mit ein paar Nadeln lässt sich jeder noch so compacte Bindegewebsstrang ohne Weiteres zu einem Netz auseinanderziehn. Dass aber das Balkengewebe der conglobirten Drüsen durch Einlagerung von Kern- oder Zellenmassen ausgespannt erhalten wird, dafür glaube ich die Belege in dem anatomischen Verhalten dieser Drüsen und ihrer Umgebung zu finden.

Zur Untersuchung desselben diente mir am meisten eine, von manchen Seiten immer noch mit einem ungerechtfertigten Misstrauen betrachtete Präparationsweise, Trocknen der Drüsen oder Häute und Wiederaufweichen feiner Spänchen der getrockneten Substanz in destillirtem Wasser. Das Wasser hat, wie erwähnt, die Wirkung, die Körperchen der conglobirten Drüsen blass und durchsichtig zu machen; so werden die Gefässe und die stärkern Balken des Bindegewebsnetzes augenblicklich deutlich und oft lassen sich auch die feinsten Bälkchen ohne weiteren Zusatz erkennen. Ich weiss nicht, wovon es abhängt, dass die Körperchen der Lymphdrüsen und der

Milz sich in Wasser nicht hinreichend aufhellen, um die Verfolgung des netzförmigen Stroma zu gestatten. Dann empfiehlt sich die Anwendung verdünnter Kalilösung, die gerade stark genug sein muss, um die Körperchen zu lösen, ohne das Bindegewebe anzugreifen (eine zu concentrirte Kalilösung verwandelt Körperchen und Balken in eine gleichmässige feinkörnige Masse). Es genügt aber nicht, die Kalilösung tropfenweise auf das Object zu bringen, sondern es muss das in Wasser aufgeweichte Schnittchen in dem Reagens (einem Uhrglas voll Wasser, dem man einen bis zwei Tropfen concentrirte Kalilösung zugesetzt hat) kurze Zeit liegen oder hin- und herbewegt werden, bis es gallertartig durchsichtig geworden ist. Essigsäure ist nützlich, um die Körperchen wiederherzustellen, wo das Wasser sie unkenntlich gemacht hat und Zweifel entstehn können, ob die Bindegewebsräume von klarer Flüssigkeit oder von Körperchen erfüllt seien. Durch abwechselnde Behandlung mit Essigsäure und verdünnter Kalilösung bekömmt man an demselben Präparat bald ein helles Netz auf dunklem Grunde, bald ein dunkles Netz auf hellem Grunde zu sehn.

Das günstigste Object für diese Untersuchungen ist die trachomatöse Conjunctiva der Hausthiere (des Schafs, Schweins) schon deshalb, weil die Präparate leicht und stets frisch zu haben sind und weil der Bau der genannten Schleimhaut weder durch Papillen noch durch anderartige Drüsen complicirt ist. Hier giebt es nun Stellen, wo die Mucosa durchaus der Cutis gleicht und, abgesehn von den Gefässen, deren feinere Aeste ohne Injection sich nicht bemerklich machen, und den Nerven, welchen man nur in grössern Abständen begegnet, in ihrer ganzen Dicke nichts als dicht verfilzte Bindegewebe- und elastische Fasern enthält, beide um so feiner, je näher der freien Oberfläche. An frischen Durchschnitten sieht man nur Bindegewebsbündel; Essigsäure oder Kali macht die elastischen Fasern und allenfalls hier und da ein dunkles Körperchen sichtbar, welches vielleicht dem Kern eines Capillargefässes entspricht. In andern Theilen und besonders in der Umgebung der Trachomdrüsen sind in das Fasergewebe Körperchen eingestreut, noch nicht so zahlreich, um dem Bindegewebe das Ansehn eines Maschenwerks zu geben, aber doch auffallend genug, um als wesentlicher Bestandtheil der Schleimhaut zu erscheinen. Je nachdem man der Länge oder der Quere nach durchschnittene Bündel vor sich hat, zeigt Essigsäure die Körperchen entweder in unregelmässigen Längsreihen geordnet (Fig. 1 *a*) oder in Zwischenräumen kreisförmiger Querschnitte der ge-

quollenen Bündel zusammengepresst (Fig. 1 *b*)[1]). Das, was man gewöhnlich Follikel zu nennen pflegt, die massenhaften, die Schleimhaut hervorwölbenden, dem unbewaffneten Auge auffälligen Anhäufungen von Körperchen, sieht man mitunter ohne weitere Präparation ganz von dem Balkenwerk durchzogen (Fig. 5 *a*); in manchen wird das Balkenwerk erst nach Anwendung verdünnter Kalilösung sichtbar und wieder andere entbehren in einem grössern oder kleinern Theil des Centrums jeder bindegewebigen Grundlage und bestehn hier nur aus Körperchen und sparsamen Blutgefässen. Den Follikel umgiebt in der Regel ein Rayon von entschieden netzförmigem Bindegewebe, aus deutlich fasrigen, im ungezerrten Zustande wellenförmig geschwungenen Bälkchen, welche sich nach aussen an compacte Bindegewebszüge anlehnen und gegen den Follikel allmälig verfeinern (vergl. Fig. 3. 5.). Doch kommen hierin manche Verschiedenheiten vor. Das peripherische Netz ist nach der Einen oder andern Seite unvollkommen, so dass Follikel zusammenfliessen oder gegen die Oberfläche bis an's Epithelium oder in die Tiefe bis zur sogenannten Nervea reichen. Einmal sah ich das peripherische Netz durch eine Schichte heller Drüsensubstanz in zwei concentrische Schichten getheilt. Die Mächtigkeit des peripherischen Netzes steht in keinem bestimmten Verhältniss zum Durchmesser der Follikel. Auch sind es nicht ausschliesslich die grössten Follikel, deren Centrum von Bindegewebe frei ist. Die Art aber, wie die Bindegewebsbalken sich gegen das Centrum des Follikels verdünnen und schliesslich verlieren, während in derselben Richtung die Maschen sich vergrössern und endlich zusammenfliessen (Fig. 3), macht es wahrscheinlich, dass die Balken durch Füllung der Maschen gedehnt und durch äusserste Dehnung atrophisch werden. Wie die Zunahme der Körperchen erfolgt, ob durch Zeugung von den vorhandenen aus oder durch neue Zufuhr,

[1]) Die dunkeln Zwischenräume der Bindegewebsbündel mit den in denselben eingeschlossenen Kernen sind ganz geeignet, für ein Netz sternförmiger Zellen (Bindegewebskörperchen) gehalten zu werden und ich zweifle nicht, dass ihnen dies in der in meinem letzten Bericht (Zeitschr. f. rat. Med. Bd. VI. p. 32) besprochenen Abhandlung Heidenhain's begegnet ist. In meinem Handbuch der allg. Anat. (p. 1009 Taf. V. Fig. 25) sind die Körperchen als Kerne einer Membran gedeutet, die ich wegen ihrer Mittelstellung zwischen Epithelium und Bindegewebe mit dem Namen intermediäre Haut bezeichnete. Virchow (Würzb. Verh. Bd. IV. p. 353) behauptet, dass jene Kerne stets in Zellen eingeschlossen seien. Mit Rücksicht auf die Erscheinungen, die die isolirten Körperchen der conglobirten Drüsen bieten, halte auch ich dies nunmehr für wahrscheinlich, obgleich ich kein Mittel kenne, die Zellenmembran der eingeschlossenen Körperchen nachzuweisen.

lassen wir grundsätzlich unerörtert. Ueber die Art, wie sich die mikroskopischen Körperchengruppen zu Follikeln umgestalten, geben vielleicht Präparate, wie das in Fig. 2 abgebildete, Auskunft. Man sieht kleine Herde von Körperchen, von 0,04 — 0,15 Mm. Durchm., in ein übrigens festes Fasergewebe vereinzelt eingestreut und es scheint, dass theils die Ausdehnung, theils die Verschmelzung dieser Herde den Grund zur Entstehung der Follikel legt. Unter dieser Voraussetzung liesse sich auch der Gefässreichthum der Follikel ohne die Annahme einer Neubildung von Blutgefässen begreifen. Die Schlingenform, welche die Capillargefässe in manchen Fällen darbieten (Fig. 4), ist nur Folge einer Faltung und nur den zerdrückten Follikeln eigen; Durchschnitte, an welchen die natürliche Lage der Gebilde erhalten ist, zeigen Gefässzweige, welche vollkommen gestreckt durch das Parenchym verlaufen und sich zum Theil in das peripherische Bindegewebsnetz und selbst in compactere Bindegewebslagen verfolgen lassen. Dass sie in der Drüse sichtbar sind und dagegen im Bindegewebe sich alsbald dem Blick entziehn, erklärt sich aus der Anordnung der übrigen Gewebselemente, die dort aufgelockert und auseinandergelegt, hier dicht zusammengedrängt sind. So kann man auch in Sehnen, in Muskel- und Nervensträngen durch künstliches Auseinanderziehn der Fasern Capillarien isoliren, welche vorher in der Masse versteckt waren.

Wie in allen Theilen der Schleimhaut, so ist auch in den Follikeln das Bindegewebe mit elastischen Fasern versetzt, die in und zwischen den Bündeln hinziehn. Fig. 6 zeigt das elastische Fasernetz des Durchschnitts einer Trachomdrüse, wie es nach Behandlung des Präparats mit concentrirter Kalilösung zurückbleibt.

Wegen der Varietäten der Form und Ausbreitung der Trachomdrüsen verweise ich auf Stromeyer's Abhandlung. Ich habe nur hinzuzufügen, dass sich die Follikel mitunter in warzenförmigen Wucherungen der Conjunctiva eingeschlossen finden (Fig. 7).

Die Entschiedenheit, mit der ich mich oben gegen die Existenz einer Hülle der Follikel ausgesprochen habe, wird sich, wie ich hoffe, durch die gegebene Beschreibung gerechtfertigt haben. Weil der scheinbare Inhalt der Follikel an sich zäh ist und durch Wasserzusatz noch zäher wird, bedarf es, um ihn zusammenzuhalten, keiner continuirlichen Membran und es genügt dazu das Bindegewebsnetz ungeachtet seiner zahlreichen Oeffnungen. Sind die Körperchen der conglobirten Drüsen in Flüssigkeit aufgeschlämmt und erhalten die Follikel

das Ansehn von Bläschen, wie dies am häufigsten in den malpighischen Körperchen der Milz, aber auch in den Darm- und Trachomdrüsen vorkömmt, so läuft bei der Präparation der flüssige Theil des Inhalts wirklich durch die Bindegewebsmaschen aus und die Follikel fallen zusammen, ohne ganz zu verschwinden. Die ältern Beobachter haben sich oft über die eigenthümliche Art von Zartheit der Milzfollikel beklagt, die in dem Augenblick, wo man sie isolirt zu haben meint, zu Grunde gehn, nicht durch Bersten, sondern durch „Zerfliessen". Sie lieferten dadurch den Beweis, wie viel richtiger die naive Beobachtung beschreibt, als die in unrichtigen Vorurtheilen befangene.

Aber um dem Begriff zu entsprechen, den man mit dem Namen „Follikel" zu verbinden pflegt, fehlt den conglobirten Drüsen noch mehr als der Balg; auch die kuglige, sackförmige Begrenzung ist nur eine Zufälligkeit, durch besondere Structurverhältnisse des infiltrirten Gewebes veranlasst, nicht allgemein und nicht einmal so häufig, als es den Anschein hat. Die Abtheilung in Kugeln ist oft nur auf die Oberfläche beschränkt, während in der Tiefe die conglobirte Substanz zusammenfliesst und sich ganz unregelmässig gegen die Umgebung absetzt. Nicht selten sind es cylindrische oder nach Art der Hirnoberfläche unregelmässig gewundene Massen, die in gewissen Durchschnitten als Kreise erscheinen. Dass die sogenannten Follikel der peyer'schen Drüsen sich an ihrer untern, der Nervea zugekehrten Fläche undeutlich begrenzt in das Bindegewebe verlieren, hat bereits Ernst angegeben und Bruecke und ich haben es bestätigt. Das Gleiche behauptet Kölliker von den Follikeln der Lymphdrüsen und bekämpft deshalb deren Zusammenstellung mit den peyer'schen Drüsen, die er noch für abgegrenzt hält[1]). Von den Tonsillen und Zungenbalgdrüsen sagt Huxley[2]), während er im Allgemeinen Kölliker's Angaben beitritt, dass nicht geschlossene Follikel, sondern ein indifferentes, zellenkernhaltiges und von Capillargefässen durchzogenes Gewebe die Ausstülpungen der Schleimhaut umgebe und so erklärt auch Gauster[3]) Kölliker's Abbildung für eine schematische; die Zahl der eine Balgdrüse umgebenden Follikel betrage selten mehr, als 5 oder 6; in manchen sei gar kein bestimmt abgegrenzter Follikel vorhanden und man finde nur eine körnige Masse um die Höhle herumgelagert.

[1]) Würzb. Verh. a. a. O.

[2]) Microscop. Journ. Vol. II. p. 74.

[3]) Sitzungsberichte der mathematisch-naturwissensch. Classe der wiener Akad. der Wissensch. Bd. XXV. p. 498.

Indem ich meine eigenen Erfahrungen mittheile, habe ich vor Allem einen ungerechtfertigten Widerspruch zurückzunehmen, den ich in meinem Jahresbericht für 1856, in Uebereinstimmung mit Sappey und Sachs, gegen Kölliker erhob, da wir die unter der Schleimhaut der Zungenbalgdrüsen und Tonsillen gelegene drüsige Schichte für acinös erklärten. Sappey ist unterdess von diesem Irrthum zurückgekommen, nur um in einen andern zu verfallen [1]), wonach die Wände der Balgdrüsen mit einer Masse runder und eiförmiger, von körnerhaltiger Flüssigkeit erfüllter Bläschen besetzt sein sollten. Sachs hat noch kürzlich, mit Reichert's Approbation, sein Beharren auf seiner frühern Ansicht erklärt [2]). Ich selbst habe mich nicht nur überzeugt, dass Kölliker im Wesentlichen richtig gesehn hat und dass unter der Schleimhaut, welche die einfache Höhle der Zungenbalgdrüsen und die fächerige Höhle der Tonsillen auskleidet, eine mehr oder minder mächtige Schichte conglobirter Drüsensubstanz sich ausbreitet, sondern ich glaube auch die Ursachen bezeichnen zu können, welche in dieser scheinbar einfachen Frage zu so divergirenden Ansichten geführt haben. Einigen Antheil daran hat Kölliker, dessen Beschreibung und Abbildung uns veranlasste, nach abgegrenzten, geschlossenen Bälgen zu suchen, während die Körperchen oft, vielleicht in der Regel, gleichförmig in das Bindegewebe in und unter der Schleimhaut infiltrirt sind und nur hier und da durch Verflüssigung einzelner Gruppen der Anschein kugelförmiger Follikel entsteht. Sodann giebt es Fälle, wo es nöthig ist, die Körperchen durch Kalilösung u. dgl. durchsichtig zu machen, um das infiltrirte Bindegewebsnetz vom Epithelium zu unterscheiden. Ist die conglobirte Schichte von geringer Mächtigkeit, nimmt sie das Bindegewebe der eigentlichen Schleimhaut ein und erstreckt sie sich demgemäss bis an das Epithelium — ein Fall, den Billroth so ausdrückt, dass nicht die ganze Schleimhaut, sondern nur das Epithelium die Follikel überziehe —, so kann man verführt werden, die ganze infiltrirte Schichte in die Schleimschichte des Epithelium mit einzubeziehn. Eine andere Täuschung, die ich erst nach genauer Präparation der Zungenbalgdrüsen und Tonsillen von der äussern Seite her, durch Wegnahme der Muskelschichte, entdeckte, wird dadurch hervorgebracht, dass sich zwischen die Schleimhaut und die eigentliche, conglobirt drüsige Wand der einfachen oder

[1]) Traité d'anatomie. T. III. fasc. 1. p. 46.
[2]) Reichert und Dubois-Raymond. Archiv 1859. Hft. 2. p. 196.

fächerigen Höhle acinöse Schleimdrüsen einschieben, die in die Höhle, häufiger auf die freie Schleimhautfläche münden. Bezüglich der Tonsille des Hundes ist aber wirklich in dieser Controverse das Recht auf beiden Seiten. Dies Organ hat nämlich die Form eines Schleimhautwulstes, der, den Kopf des Thiers auf horizontaler Unterlage gedacht, in der Richtung von vorn nach hinten zusammengedrückt, mit breiter Basis und mit scharfem, bogenförmigem freien Rande von oben nach unten und etwas schräg nach hinten zieht; die Schleimhaut des Rachens fällt gegen die hintere Fläche steil ab und bildet eine Art Nische, gegen welche der, auf der Basis vor und rückwärts bewegliche Wulst angedrückt werden kann. Der Wulst selbst ist im Innern der Länge nach getheilt durch eine den Flächen parallele, aus starken, locker verflochtenen Bindegewebsbündeln zusammengesetzte Scheidewand, in welcher die Hauptgefässstämme verlaufen; auf dem Querschnitt, welchen Fig. 9 *A*. in natürlicher Grösse, Fig. 9 *B*. 10 mal vergrössert zeigt, nimmt er sich wie eine Duplicatur der Schleimhaut aus, deren beide Blätter das lockere Bindegewebe mit einander verbindet. Beide Blätter sind von fast gleicher Mächtigkeit und von drüsigem Bau, aber das hintere Blatt enthält unter der freien Oberfläche conglobirte, das vordere enthält acinöse Drüsensubstanz und von dem groben, weitmaschigen Bindegewebe der mittlern Scheidewand (Fig. 10 *a*) gehn nach beiden Seiten, mit den Gefässen, feine Netze aus, die Einen (Fig. 10 *b*) dicht, gleichförmig von den besprochenen Körperchen erfüllt, die andern (*c*) weitläufig, Hohlräume begrenzend, deren Wände von dem eigenthümlichen Pflasterepithelium der Schleimdrüsen (*d*) bekleidet sind. Eine Anhäufung von gelbröthlichen Pigmentmolekülen in der Tiefe der conglobirten Drüsenschichte (Fig. 9, 10 *e*) trägt dazu bei, der letztern den Schein einer scharfen Begrenzung zu geben, die sie nicht besitzt. Auch in dieser Drüsenmasse kommen unregelmässig zerstreut vereinzelte, hellere, einem mehr verflüssigten Parenchym entsprechende Flecke vor, welche den Anlass gegeben haben müssen, dass man auch der Tonsille des Hundes eine Zusammensetzung aus Follikeln zuschrieb; anderweitige Abtheilungen des Parenchyms finden sich nicht.

Der Ausdruck „Follikel" hat mit der Zeit einen ganz veränderten Sinn erhalten und ist, wie man sieht, auch jetzt noch keineswegs scharf bestimmt. Während er sonst diente, die einfachen oder fächerigen Einsenkungen der Schleimhäute zu bezeichnen, in welchen man den Ausgangspunkt aller complicirten drüsigen Structuren zu erkennen glaubte, gehört jetzt

zu den wesentlichen Attributen des Follikels, dass er von der Oberfläche vollständig abgeschlossen sei. So bezog sich beispielsweise bei den Zungenbalgdrüsen der Name Follikel vordem auf die von der Oberfläche der Zungenwurzel zugänglichen Grübchen der Schleimhaut; die Follikel nach der modernen Auffassung des Worts dagegen liegen in der Wand dieser Grübchen. Die Follikel, im Sinne geschlossener Bälge würden sodann, mit Rücksicht auf den heutigen Sprachgebrauch, in zwei Abtheilungen zu scheiden sein, in eigentliche Blasen, Follikel mit flüssigem Inhalt, welche ihre Laufbahn mit Bersten endigen (Eierstockfollikel) und in solide Follikel, deren Inhalt, wie man sich auszudrücken pflegt, aus einem Gerüst von Gefässen und Fasern und aus Körperchen besteht. Da wir den Follikeln der letzten Art den Balg absprechen müssen, so kann auch von einem Inhalt, der nur im Gegensatze zum Balg Sinn hat, nicht die Rede sein und so bleibt als einziger Vergleichungspunkt der soliden mit den blasenförmigen Follikeln die mehr oder minder genau kuglige Form. Aber auch diese hat wieder eine doppelte Bedeutung. An dem Einen Orte wird sie hervorgebracht durch die Gruppirung der Körperchen (Trachomdrüsen, solitäre Darmdrüsen), an dem andern dadurch, dass in einer formlos ausgebreiteten Schichte conglobirter Substanz einzelne kugelförmige Herde der Erweichung sich finden, die wegen reichlichern Gehalts an Flüssigkeit durchsichtiger sind.

Es fragt sich, wenn kein Balg und keine besondere Grenzschichte die Form bestimmt, woher es komme, dass in diesen Fällen die Gruppe der Körperchen, so wie der erweichte Herd Kugelgestalt annehmen? Man kann den Grund nicht in dem Wesen der conglobirten Drüsensubstanz suchen, etwa in der Art, wie die pathologische Anatomie vordem der Tuberkelsubstanz die Eigenthümlichkeit zuschrieb, sich in tuberkelförmigen Massen abzulagern. Dem widerspricht, abgesehen von der Unzulänglichkeit der Erklärung, die Existenz der flächenhaft ausgebreiteten Infiltrationen. Man könnte die Form der Gruppen von der Tendenz der Körperchen, sich nach gewissen Richtungen zu theilen und zu vermehren, ableiten, wenn nur überhaupt die Vermehrung der Körperchen durch Theilung gesicherter wäre. Das wahrscheinlichste ist, dass die Structur des Gewebes, in welches die Ablagerung Statt findet, die Art der Gruppirung der Körperchen bestimmt und insbesondere, dass die in gewissen Abständen zur Oberfläche verlaufenden Gefässstämmchen nebst den stärkern Bindegewebssträngen, von welchen sie begleitet werden, die Drüsenmasse in einzelne

follikelähnliche Abtheilungen scheiden. Fig. 13, ein Durchschnitt durch die Dicke des Blinddarms des Kaninchen, zeigt, wie gerade die Stellen der Nervea zur Infiltration benützt und von derselben ausgefüllt werden, welchen die Schleimhaut lockerer adhärirt und über welchen sie sich bei den Verkürzungen der Muskelhaut faltet. Den conglobirten Drüsen *fff* entsprechen die gröbern Maschenräume der Nervea in *c*, während die Balken der letztern zu den dünnen Scheidewänden der conglobirten Drüsen ausgezogen sind. Ebenso lehren die mit verdünnter Kalilösung aufgehellten Durchschnitte aus dem Pancreas Asellii des Hundes, Fig. 18 und 19, den Antheil kennen, den die den Gefässstämmen folgenden Bindegewebszüge an der Zerklüftung der Drüse in Follikel nehmen. Die Abtheilungen heben sich häufig dadurch noch deutlicher gegeneinander ab, dass diesen Balken zunächst und rings um dieselben eine sehr weitmaschige Bindegewebsschichte liegt (Fig. 17), die andrerseits ebenso scharf gegen das engmaschige Netz der Follikel absticht. Dass die Septa an der Oberfläche der Lymphdrüsen, welche die scheinbaren Acini oder Follikel von einander sondern, von einem Netz stärkerer Lymphgefässe eingenommen werden, ist bekannt. Uebrigens giebt es in den Lymphdrüsen, wie in der Milz, unter den groben, dem blossen Auge sichtbaren Scheidewänden und Balken, die das feste Gerüste des Organs bilden, neben gefässhaltigen auch einfache, die nur aus einem mit elastischen und Muskelfasern versetzten Bindegewebe bestehn und auch diese Art von Balken umgiebt sich zuweilen mit der eben beschriebenen weitmaschigen Schichte.

Ich beabsichtige nicht, hier auf die Einzelheiten des Baues der conglobirten Drüsen einzugehn, möchte aber eine eigenthümliche Anordnung des Balkengewebes nicht unerwähnt lassen, die ich bis jetzt nur an der menschlichen Milz und zwar nur an der ganz frisch getrockneten (von einem Hingerichteten) beobachtet habe. Hier fielen mir an feinern Durchschnitten der rothen Pulpa, die ich mit verdünnter Kalilösung behandelt hatte, Reihen paralleler Pünktchen auf; bei näherer Betrachtung erwiesen sich dieselben als Querschnitte feinster Fasern, vom chemischen Charakter des Bindegewebes, deren Anordnung Fig. 16 verständlicher darstellt, als eine Beschreibung es vermöchte. Indem sie eng spiralig oder, mit spitzwinkligen Anastomosen ringförmig verlaufen, bilden sie die durchbrochenen Wandungen längerer oder kürzerer, verhältnissmässig weiter Röhren; die Röhren treten zu einem Netzwerk zusammen, dessen Lücken von ähnlichen, nur meist noch feinern, unregelmässigen Fasernetzen ausgefüllt sind. In der

Axe vieler Röhren verläuft je ein Capillargefäss (Fig. 16 *a*), doch nicht so beständig, dass man die durchbrochenen Röhren mit einer Adventitia vergleichen könnte. Auch sind die Fasern nicht als Verstärkungen einer continuirlichen, structurlosen Haut zu betrachten. Man müsste sonst den Contur der letztern als eine die Durchschnitte der Fasern verbindende Linie erkennen. Wären die Röhren Theile eines Gefässsystems, wofür man sie zu halten der netzförmigen Verbindung wegen wohl geneigt sein möchte, so könnte man sie nur mit den Haar- oder Drahtsieben vergleichen, die dazu dienen, Flüssigkeiten und gröbere feste Körper von einander zu scheiden. Die Blut- und Lymphkörperchen wären schon grob genug, um von diesem Gitterwerk der Milzröhren zurückgehalten zu werden. In der Milz der Thiere, die ich untersuchte, enthielt die rothe Pulpa keinerlei Bindegewebsnetz.

Ich kehre zurück zu dem Ausgangspunkt dieser Untersuchung, zu der Vergleichung der Lymphdrüsen mit den übrigen, unter dem Namen der conglobirten zusammengefassten Drüsen. Die Aehnlichkeit der letztern mit den Acini der Lymphdrüsen hatte dahin geführt, sie alle dem Lymphgefässsystem einzureihen; auch nach meiner Meinung liegt kein Grund vor, den übrigen conglobirten Drüsen minder innige Beziehungen zu den Lymphgefässen zuzuschreiben, als den Acini der Lymphdrüsen. Haben wir den Charakter dieser eigenthümlichen Art von Drüsenparenchym richtig gedeutet, so gehört dazu ein infiltrirbares Bindegewebe und eine infiltrirende Substanz. Ob die Infiltrirbarkeit des Bindegewebes auf besondern Structurverhältnissen beruhe, lässt sich bezweifeln; keinenfalls scheint das atmosphärische Bindegewebe der Lymphdrüsen darin von anderm Bindegewebe unterschieden zu sein. Ein gewisser Grad der Prädisposition liegt ohne Zweifel in der grössern oder geringern Lockerheit des Gewebes: das festeste, das Gewebe der Bänder, der fibrösen Häute und selbst der Cutis, scheint die Entwicklung conglobirter Drüsensubstanz auszuschliessen; doch reichen die conglobirten Drüsen der Schleimhäute aus der lockern submukösen Schichte sowohl hinauf in das straffere Gewebe der eigentlichen Schleimhaut als hinab in die festern Strata der Nervea. Was die infiltrirte Substanz betrifft, so ist die Aehnlichkeit ihrer Körperchen und, wo solches vorhanden ist, ihres Plasma mit den Körperchen und dem Plasma der Lymphe allgemein anerkannt. Diese Aehnlichkeit zu erklären, liegt nichts näher, als die Annahme einer

freien Communication der Bindegewebsräume, in welchen die Körperchen eingeschlossen sind, mit dem Lumen der Lymphgefässe, wobei es unentschieden bleiben mag, ob die Körperchen mittelst des Lymphstroms in die Bindegewebsräume geschwemmt oder in den letztern erzeugt sind, um von dem Lymphstrom fortgerissen zu werden. Eine Structur, die diese Communication gestattete, könnte den peripherischen Lymphgefässen ebensowohl eigen sein, wie denen, die sich in den Lymphdrüsen verbreiten. An den letzteren glaubt Donders eine solche Structur wahrgenommen zu haben [1]). Er beschreibt die Lymphgefässe aus den Lymphdrüsen des Hundes als Höhlen und Kanäle von 0,03—0,1 Mm. Durchm., die nur durch ein dünnes Häutchen begrenzt werden, worin zahlreiche Oeffnungen von 0,0016 — 0,012, meistens von etwa 0,003 Mm. Durchm. sichtbar seien. Ich glaubte mitunter in Durchschnitten von Lymphdrüsen Gefässe mit ähnlichen, sehr scharf geschnittenen rundlichen Löchern zu sehn, überzeugte mich aber durch Veränderungen des Focus, dass diese scheinbaren Löcher die Ränder von senkrecht gegen das Auge des Beobachters aufsteigenden oder in entgegengesetzter Richtung absteigenden Seitenzweigen waren. Aber es bleiben noch andere Fragen, als die nach der Art der Communication, zu lösen. Wie wäre es zu erklären, wenn die Lymphe sich frei aus den Gefässen in's Bindegewebe ergiesst, dass die Acini der Lymph- und peyer'schen Drüsen stets frei von Chylusmolekülen bleiben? Ferner, wenn man den Lymphgefässen der typischen und einigermassen beständigen conglobirten Drüsen, der Tonsillen, peyer'schen Drüsen, Thymus etc. eine Organisation zutrauen darf, wodurch sie den Köperchen den Ein- und Austritt gestatten, wie soll man sich die Einrichtung der Saugadern in denjenigen Schleimhäuten vorstellen, auf welchen nur dann und wann, hier und da conglobirte Drüsen entstehn? Als Beispiele solcher unbeständigen Drüsen nenne ich die solitären des Magens und Darms und die Trachomdrüsen; vielleicht sind noch manche andere Schleimhäute zu gelegentlicher Bildung conglobirter Drüsen disponirt: Hoyer [2]) fand dergleichen auf der Nasenschleimhaut des Froschs, W. Krause [3]) auf der Vaginalschleimhaut des Schweins. Gebilde dieser Art können nur zufälligen Ereignissen ihre Entstehung verdanken; sie würden demnach trotz der geringen Störungen die sie veranlassen,

---

[1]) Physiol. d. Menschen. p. 331.
[2]) De tunicae mucosae narium structura. Berol. 1857. p. 20.
[3]) a. a. O. p. 115.

in das Gebiet der Pathologie zu verweisen sein, wozu, wie man mit Stromeyer anerkennen muss, noch eine weitere Berechtigung in ihrer vollkommenen Aehnlichkeit mit den typhösen und tuberculösen Ablagerungen der Darmschleimhaut liegt. Man könnte an Zerreissungen der capillaren Lymphgefässe und Extravasate denken, analog denjenigen, welche bekanntlich im Blutcapillarsystem häufig genug vorkommen und ebenfalls an der Grenze der physiologischen und pathologischen Erscheinungen stehn. Aber damit würden die typischen conglobirten Drüsen nur um so räthselhafter.

Ueber die Lebensgeschichte der conglobirten Drüsen giebt Stromeyer einige Andeutungen. Danach gehören die Flüssigkeit haltenden Trachomdrüsen, welche durch Druck platzen, der jüngern Generation an. Follikel älterer Formation enthalten weniger Lymphe und mehr Gewebe und Gefässe. Die Rückbildung erfolge, indem die Gruppen sich peripherisch schärfer abgrenzen. Die einzelnen Drüsen zeigen häufige Abweichungen von der ursprünglich sphärischen Gestalt; sie seien oval oder länglich und von verdichtetem Bindegewebe eingeschlossen; man erkenne an solchen Präparaten den allmäligen Untergang der Follikel in einem sklerosirten Gewebe. Dieser Entwicklungsgang lässt sich künstlich nachahmen: man kann durch Druck oder durch Auswässern einen grossen Theil der Körperchen aus den Maschen des Bindegewebes entfernen und den compacten Bau des letztern wiederherstellen. In andern Fällen dagegen scheint es, als solle die Vergrösserung der Drüsen, wenn nicht zum Bersten und zur Entleerung des Inhaltes, wie ich früher annahm, so doch zu einer Atrophie der um- und überliegenden Schichten führen, die in anderer Weise mit Zerstörung des Follikels enden würde. Wenn die Infiltration sich der ganzen Dicke der Schleimhaut bemächtigt hat und bis an die Schleimschichte des Epitheliums vorgedrungen ist, so bedürfte es nur einer Abschilferung des letztern, die bekanntlich auf sehr geringe Anlässe eintritt, um die Substanz der conglobirten Drüse bloss zu legen. Dass es dazu mitunter kömmt und dass dann die Drüsensubstanz von der Oberfläche her gleichsam losbröckelt, dafür zeugen die Lymphkörpern ähnlichen, von cytoiden Körperchen wesentlich verschiedenen Bildungen, die man öfters in den Bälgen der Tonsillen antrifft. Das Epithelium der Conjunctiva ist, wo es stark entwickelte Trachomdrüsen bekleidet, dünner, die Zellen desselben sind durchgängig mehr schüppchenförmig und zeichnen sich vor den benachbarten auch dadurch aus, dass sie auf Wasserzusatz keine Eiweisstropfen austreten lassen. Im Darm ist an den

Stellen, wo die conglobirten Drüsen eine bedeutende Stärke erreicht haben, die Muskelhaut auf die Hälfte ihrer Mächtigkeit reducirt (Fig. 13) und die Lieberkühn'schen Drüsen sah ich gerade und nur an diesen Stellen so oft zur Seite gedrängt, in Unordnung gerathen und von einander isolirt, dass ich dies unmöglich für eine Folge meiner Präparationsweise halten kann. Nach Handfield Jones[1]) würde sogar regelmässig über den solitären Drüsen des Blinddarms die Schleimhaut mit ihren blinddarmförmigen Drüsen vermisst und nach Hyrtl[2]) fehlen über den conglobirten Darmdrüsen häufig auch die Zotten. Die Schleimhaut, die die conglobirte Substanz der Tonsillen und Zungenbalgdrüsen deckt, zeigt freilich mitunter auch ein gerade entgegengesetztes Verhalten, eine Wucherung der Papillen, so dass die Flächen dem blossen Auge zottig erscheinen.

Häufig trifft man auf Schleimhautflächen, statt der vorragenden conglobirten Drüsen, flache, Erosionen ähnliche Gruben, die vielleicht zu jenen Drüsen in Beziehung stehn, indem sie entweder an die Stelle geschwundener Drüsensubstanz treten oder, gleich den Gruben der Tonsillen und Zungenbalgdrüsen, conglobirte Substanz in ihre Wände aufnehmen.

Aber über Alles dies waren Vermuthungen nur so lange gerechtfertigt, als man von den conglobirten Drüsen nur die innern, unzugänglichen kannte, die man nur bei der Leichenöffnung fertig zu Gesicht bekam, deren Werden und Vergehn der Beobachtung entzogen blieb. Jetzt, durch die Entdeckung der Trachomdrüsen, ist ein neues Feld der Untersuchung eröffnet und es wird möglich sein, an Einem Individuum nicht nur den Gang der Entwicklung, die Lebensdauer der einzelnen Drüsen und deren periodische Veränderungen, sondern auch den Erfolg ungewöhnlicher äusserer und innerer Einflüsse zu studiren.

Nachtrag. In der völlig normalen Schleimhaut des Magens einer Selbstmörderin, den ich soeben frisch zur Untersuchung erhalte, finde ich nur vereinzelte und kleine, kaum über die Oberfläche vorragende conglobirte (lenticuläre) Drüsen. Aber überall sind die Brücken zwischen den blinddarmförmigen Drüsen dicht mit Körperchen erfüllt, welche, auf Behandlung feiner Flächenschnitte mit Essigsäure, in den Zwischenräumen der kreisförmigen Drüsendurchschnitte sichtbar werden, während Kalilösung an denselben Stellen ein Netz sehr feiner Bindegewebsbälkchen nachweist.

---

[1]) Lond. med. gaz. 1848. p. 838.

[2]) Anatomie p. 571.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Feiner Durchschnitt durch die Dicke der Conjunctiva des Augenlids vom Schaf, mit Essigsäure behandelt. *a, b* Schleimhaut, deren Bindegewebsbündel zunächst unter der Oberfläche longitudinal, in der tiefern Schichte quer durchschnitten sind. *c* Schleimschichte des Epithelium. Vergr. 400 M.

Fig. 2. Ein ähnlicher Durchschnitt, in destillirtem Wasser. *a, b* Gruppen von Körperchen, die Anfänge der Trachomdrüsen. *c* Schleimschichte des Epith. Vergr. 400 M.

Fig. 3. Ein ähnlicher Durchschnitt, sehr fein, um das aufgelockerte Bindegewebe des peripherischen Theils der Trachomdrüse und das helle Centrum *d* zu zeigen. *a, b* Capillargefässe, welche die Drüse durchsetzen. *c* Schleimschichte. Vergr. 500 M.

Fig. 4. Stück einer geborstenen Trachomdrüse des Schafs. Das zähe Parenchym ist nebst den Blutgefässen, durch den Riss, aber auch an andern Stellen ausgetreten und in Berührung mit Wasser oberflächlich geronnen. Vergr. 200 M.

Fig. 5. Durchschnitt durch die Dicke der trachomatösen Conjunctiva des Schafs. *a* eine von dem Netzwerk durchzogene, *b* eine im Centrum vom Netzwerk freie Drüse. *c* Epithelium. *d* submuköses Gewebe. Vergr. 100 M.

Fig. 6. Ein Stück der Drüse *a* der Fig. 4, nach Behandlung mit concentrirter Kalilösung, um die elastischen Fasern zu zeigen. Vergr. 500 M.

Fig. 7. Verticaldurchschnitt durch ein papillöses oberes Augenlid des Schafs; *a* Meibom'sche Drüse. *b* Schleimhaut. *c* submuköses Gewebe. *d* Trachomdrüse.

Fig. 8. Durchschnitt durch die Tonsille des Menschen, mit verdünnter Kalilösung behandelt. Das compacte Bindegewebe *A*, in welchem longitudinal und quer durchschnittene Bindegewebsbündel alterniren, geht nach links in das Gerüst der conglobirten Substanz über. Die scheinbaren Kerne der Knotenpunkte sind quer durchschnittene Bindegewebsbündel, die grossen scharfbegrenzten, rundlichen Lücken sind Gefässdurchschnitte. *a a* Bindegewebsbündel in der Wand der Gefässe, querdurchschnitten. Vergr. 500 M.

Fig. 9 Querdurchschnitt durch die Tonsille des Hundes *A* in natürl. Grösse, *B* 10 Mal vergrössert. *a* Schleimhaut. *b* acinöse Drüsen. *c* conglobirte Drüsensubstanz. *d* Septum zwischen beiden. *e* Pigment. *f* die Schleimhautfalte am hintern obern Ende der Drüse. Vergl. p. 222.

Fig. 10. Ein Stück aus der Mitte des Querschnitts Fig. 9, mit verdünnter Kalilösung behandelt, 400 Mal vergr. *a* Septum. *b* conglobirte, *c* acinöse Drüsensubstanz. *d d* Epithelzellen der Drüsenbläschen. *e* Pigment. *f f f f* Gefässdurchschnitte.

Fig. 11. Capillargefässe und Bindegewebsgerüste aus der Tonsille des Hundes, nach Behandlung mit verdünnter Kalilösung. Vergr. 400 M.

Fig. 12. Ein Capillargefäss mit den von demselben ausgehenden Bindegewebsbälkchen aus der Tonsille des Hundes, nach Maceration in chroms. Kalilösung. *a a* Blutkörperchen (0,003 Mm. Durchm.). *b b* Gefässwand. *c c* Kerne derselben. *d d* Bindegewebsstränge. *e e* Körperchen der conglobirten Drüsensubstanz. Vergr. 600 M.

Fig. 13. Durchschnitt durch die Dicke der Wand des Darms vom Kaninchen, am Rand einer peyerschen Drüse, parallel der Längsaxe. *a* Schleim-

haut mit den Lieberkühn'schen Drüsen. *b* Innere Muskel- und Nervenhaut. *c* Schlaffe Stelle der letztern. *d* Ringfaserhaut. *e* Längsfaserhaut. *fff* conglobirte Drüsen. Vergr. 30 M.

Fig. 14. Malpigh. Körperchen, den Querschnitt einer kleinen Arterie enthaltend, aus der menschl. Milz. Mit Kalilösung behandelt. Die scheinbaren Kerne der Knotenpunkte sind querdurchschnittene Balken. Vergr. 200 M.

Fig. 15. Durchschnitt aus der Milz des Schafs, mit verdünnter Kalilösung behandelt. Das malpigh. Körperchen *a* enthält den Durchschnitt eines arteriellen und venösen Gefässstämmchens. *b* Querschnitt eines Milzbälkchens, mit starken elastischen Fasern. *c* rothe Milzpulpa mit durchschimmernden Gefässen. *d* in Kali unlösliche Körperchen, Zersetzungsproduct.

Fig. 16. Balkengewebe der rothen Pulpa der menschl. Milz, nach Behandlung mit verdünnter Kalilösung. *a* Capillargefäss. Vergr. 500 M.

Fig. 17. Balkengerüst einer Lymphdrüse vom Schaf, wie es nach Behandlung mit verdünnter Kalilösung zurückbleibt. *a* Theil der äussern Hülle. *b* Peripherie eines Acinus. *c* weitmaschiges Netz zwischen beiden. Vergr. 200 M.

Fig. 18 und **19**. Aus dem Pancreas Asellii des Hundes nach Behandlung mit verdünnter Kalilösung. Fig. 18 zeigt den Längsschnitt, Fig. 19 den Querschnitt eines Bälkchens mit eingeschlossenen Gefässen. *aaa* Durchschnitte scharfbegrenzter Kanäle ohne eigenthümliche Membran, Lymphgefässe (?).

Physikalische Untersuchung des Gasteiner Thermal-Wassers

von

C. Bohn.

Die anerkannt heilsamen Wirkungen der Heilquellen regen die Frage nach der Ursache dieser Wirkungen an. Ist sie zu suchen in dem Vorhandensein von Salzen und Gasen, die das Wasser gelöst enthält, oder beruhen die Wirkungen auf gewissen physikalischen Eigenschaften des Wassers, wie seiner Wärmecapacität, seiner Leitungsfähigkeit für die Electricität u. s. w. oder kann nur aus dem gleichzeitigen Vorhandensein aller jener Eigenschaften eine Erklärung der medicinischen Wirksamkeit gewonnen werden? Die chemische Analyse hatte bald mit grosser Schärfe die Natur und die Menge der gelösten Stoffe und in vielen Fällen auch der absorbirten und neben dem Wasser frei auftretenden Gase bestimmt. Für eine Reihe der wirksamsten Quellen wurde gerade in der Anwesenheit solcher Körper die Ursache der Heilwirkungen erkannt. Für andere Quellen, namentlich die so wirksamen von Gastein, Wildbad, Pfäffers und ähnliche, führte die chemische Analyse zu einem negativen Resultate, indem sie ergab, dass das Wasser dieser Quellen sich von destillirtem Wasser beinahe gar nicht unterscheidet, dass es keine Spur jener Stoffe enthält, die, wie Jod, Brom u. s. f., auch durch sehr geringe Mengen schon merkbare medicinische Wirkungen hervorbringen können, sondern dass nur äusserst geringe Quantitäten solcher Substanzen vorhanden sind, die sich viel reichlicher beinahe in jedem Fluss- und Quellwasser finden und durchaus nicht die Verschiedenheit des Erfolges der Bäder in solchem Wasser von jenen in den Thermen bedingen können.

Ein solches Resultat fand schon vor mehr als 50 Jahren Gay-Lussac[1]), als er das Wasser der berühmten Bäder von

[1]) Gay-Lussac und Humboldt's Reise in Italien im Jahre 1805.

Nocera untersuchte, und er wurde dadurch zu der Frage veranlasst: „ob nicht gerade die Reinheit dieses Wassers die Ursache seiner Wirksamkeit sei"? Eine Beantwortung dieser Frage ist weder von der Chemie noch von der Physik zu erwarten, sie könnte nur durch das klinische Experiment gegeben werden. Aber man wird freilich, ehe man zu so kostspieligen und schwierig durchzuführenden Versuchen schreitet, die Thatsache feststellen müssen, dass das Thermalwasser in seinen physikalischen Eigenschaften eben so wenig wie in seinen chemischen von dem destillirten Wasser abweicht. Zwar ist es nicht wahrscheinlich, dass die physikalischen Eigenschaften des Thermalwassers und des destillirten Wassers eine beträchtliche Differenz darbieten sollten, während die chemischen Eigenschaften sich als fast identisch erweisen, doch ist die Möglichkeit einer Verschiedenheit in physikalischer Hinsicht bei gleicher chemischer Constitution nicht zu läugnen, nachdem von verschiedenen Körpern bereits allotropische Zustände bekannt sind. Allerdings ist die Wahrscheinlichkeit, dass das Wasser der Thermen sich in einem allotropen Zustand befinde, nur eine sehr geringe, denn seit den classischen Untersuchungen Dalton's [1]) über den Kreislauf des Wassers ist kein Zweifel mehr vorhanden, dass alle Quellwasser ihre gemeinsame Abstammung aus der Atmosphäre haben. — Diese giebt bei sinkender Temperatur die Dämpfe wieder ab, welche bei höherer Temperatur reichlicher in sie übergetreten sind; das niederfallende meteorische Wasser reicht hin, um alle Quellen, die oberirdisch, wie die unterirdisch fliessenden zu nähren. Also sind alle Quellen mit demselben, durch die Sonnenwärme destillirten Wasser gespeist und es findet sich kein Anhaltspunkt zu der Vermuthung, das Wasser der einen Quelle möge in einem allotropen Zustande sich finden im Vergleich mit dem Wasser einer andern Quelle. Der mineralische Gehalt und die Temperatur, welche bei verschiedenen Quellen sehr verschieden sein können, hängen nur ab von der Beschaffenheit der durchflossenen Oerter, — sie geben Kunde von dem Wege, den das Wasser durchlaufen hat. Findet sich auf diesem Wege kein lösbarer Körper, so tritt das Wasser wieder als destillirtes Wasser hervor, mit einer Temperatur, welche die resultirende ist aus den Temperaturen der vom Wasser durchströmten Räume. — Eine Untersuchung der physikalischen Eigenschaften eines Thermalwassers, welches sich durch eine fast gänzliche Abwesenheit aller gelösten Stoffe

[1]) Gilbert's Annalen etc. 1803. Bd. XV.

kennzeichnet, wird also nur eine sehr untergeordnete Bedeutung haben: sie wird für eine der Consequenzen der Dalton'schen Quellentheorie die Bestätigung liefern und wird in Betreff der heilsamen Wirkungen der Thermalwasser die Frage von Gay-Lussac: „ist die Reinheit des Wassers die Ursache seiner Wirksamkeit?" mit erneutem Nachdrucke stellen lassen.

Ist dies nicht gerade eine dankbare Arbeit, so führt sie doch die Untersuchung auf eine nicht zu umgehende Stufe weiter, denn es ist gewiss, dass jede Antwort, welche die Erfahrung auf eine gestellte Frage geben soll, an Bestimmtheit um so mehr gewinnt, je einfacher die Frage formulirt werden kann. Ist es einmal ausser Zweifel, dass weder die chemischen noch die physikalischen Eigenschaften des Thermalwassers von jenen des destillirten Wassers gleicher Temperatur hinreichend verschieden sind, um einen Unterschied der Wirkungen zu begründen, so vereinfacht sich die Frage dahin: ist die Localität, die Beschaffenheit der Atmosphäre u. s. w. beim Gebrauch warmer Bäder von überwiegendem Einfluss oder sichert nicht ganz allein die Reinheit des Wassers den Erfolg des Bades? — Auf diese Frage kann dann nur das klinische Experiment antworten.

Es mögen nun die chemischen und physikalischen Eigenschaften des Gasteiner Wassers im einzelnen besprochen werden.

Das Gasteiner Wasser ist fast ganz rein; es enthält in hunderttausend Theilen Wasser nur dreissig und einige Theile Salze, deren chemische Natur in einer Weise untersucht worden ist, die den strengsten Anforderungen der Kritik genügen muss. Wie bereits erwähnt, sind dieselben Stoffe in weit bedeutenderen Mengen beinahe in jedem Quell- und Flusswasser enthalten.

Vor längerer Zeit wurde die Behauptung aufgestellt, das Wasser der Gasteiner Therme habe eine andere chemische Zusammensetzung, als das gewöhnliche, enthalte Wasserstoff und Sauerstoff in andren Atomverhältnissen, als dieses. Die Behauptung war leicht zu widerlegen, — ist auch von ihrem Urheber bald wieder verlassen worden.

Das elektrische Verhalten des Gasteiner Wassers ist verschieden von jenem anderen Wassers gefunden worden. Die Versuche waren, namentlich um zu einer numerischen Bestim-

mung zu gelangen, wieder aufzunehmen; — sie bilden den Inhalt eines Abschnittes dieser Abhandlung.

Es wurde hervorgehoben, die Natur der Wärme der Gasteiner Quelle sei eine ganz absonderliche und bedinge die Heilwirkungen des Bades, welche niemals erreicht werden könnten von jenen eines Bades in gemeinem Wasser mit gemeinem Feuer erwärmt [1]). In Gastein ist es „Urtellurwärme", „Thermochemismus des Erdinnern", „kosmische Calorie" u. s. w. [2]), die dem siechen Leib zu Gute kommen. — Es ist eine bekannte Thatsache, dass Wärmestrahlen verschiedenen Ursprungs, verschiedener Farbe, ungleiche Eigenschaften besitzen. Die eine Art solcher Wärmestrahlen durchdringt leichter, die andere schwieriger, wieder eine andere beinahe gar nicht einen diathermanen Körper u. s. f. Aber keine Thatsache der Physik spricht dafür, dass solche Verschiedenheit des Ursprungs der Wärme noch bemerkbar sei, wenn die Wärme einmal, — um die alte Terminologie zu gebrauchen — statisch geworden ist. Im Gegentheil. Wasser kocht, wenn es die Temperatur von 100^0 erreicht hat, — einerlei, welche Wärmequelle die Temperatur so erhöht hat, — einerlei, ob es gemeines irdisches Steinkohlen- oder Holzfeuer, oder ob es die Gluth vulkanischer Auswürfe, oder ob es die heiligen Feuer am caspischen Meere gethan. Bei einer bestimmten Temperatur bilden und bei einer andren lösen sich chemische Verbindungen, von der Temperatur hängt das Volumen und die Dichtigkeit der Körper ab, — ihr Aggregatzustand und noch manche andere Eigenschaft, — aber es ist nur die Temperatur, welche Einfluss hat, — nirgends die Abstammung der Wärme, welche die Temperatur bis zu dem bestimmten Punkte gesteigert hat. Reinem warmen Wasser kann Niemand anmerken, wie und wo es erwärmt worden, ob über der Spirituslampe oder im Innern der Erde, ob im eisernen Kessel, in der Porzellanschaale oder im Bauche eines Vulkans, ob es früher heisser oder weniger warm gewesen, ob es condensirter Dampf oder geschmolzener Schnee ist. Die Natur der Wärme des Gasteiner Wassers kann kein Gegenstand physikalischer Prüfung an dem Wasser selbst sein. Auch zur Erklärung der Wirkung der Gasteiner Bäder wird sie nicht dienen können. Die Thermen Carlsbads, Wiesbadens u. s. w. verdanken ihre höhere Temperatur alle demselben „Thermochemismus des Erdinnern", derselben „Urtellurwärme"; — in der Abstammung der, die höhere Temperatur

---

[1]) Kopp, Denkwürdigkeiten in der ärztlichen Praxis. Bd. 5. 1844.
[2]) Kiene, Die warmen Quellen zu Gastein, pag. 56, 96 u. a. a. O.

des Gasteiner Wassers bedingenden Wärme, ist also das Specifische der Wirkung dieser Therme nicht zu vermuthen.

Die specifische Wärme oder Wärmecapacität des Gasteiner Wassers wird von Wolf[1]) angegeben „33 mal grösser als jene des Quecksilbers und somit ganz gleich jener des destillirten Wassers". Ist die Angabe „33 mal so gross als jene des Quecksilbers" richtig, so wäre die specifische Wärme des Gasteiner Wassers, da jene des Quecksilbers gleich 0,03332 (nach Regnault, — als 1 die Wärmecapacität des destillirten Wassers genommen) grösser als 1. (Wäre „33 mal grösser" wörtlich zu nehmen, so fiele der Werth für die specifische Wärme des Gasteiner Wassers noch grösser aus, als bei der vorigen Auffassung der Worte Wolfs). Die Bestimmung der specifischen Wärme des Gasteiner Wassers bildet einen Abschnitt dieser Abhandlung.

Das specifische Gewicht des Gasteiner Wassers ist bestimmt und, entsprechend dem kleinen Gehalte an Salz, etwas höher als jenes des reinen Wassers gefunden worden[2]). Man hat sich überzeugt, dass das Thermalwasser sich abkühlt, wenn es im Kalten steht, gerade so wie gemeines Wasser[3]), — dass es gefriert wie dieses[4]), — man hat seinen Brechungsexponenten (für das Licht) bestimmt und ihn nicht verschieden von jenem des destillirten Wassers gefunden[5]), — man hat noch allerhand Proben mit dem Gasteiner Wasser angestellt, die keine Verschiedenheit vom destillirten Wasser anzeigten. Andrerseits sprach man von „der innigen Bindung und Durchdringung der tellurischen Wärme mit dem Parenchym des Wassers und der Homogenisirung aller Bestandtheile zu einem Ganzen"[6]), — man erklärte das Gasteiner Wasser zum „Urwasser"[7]), — man schrieb ihm „eine innige und so zu sagen lebendige Mischung" bei, „die als eine wahre Eigenthümlichkeit zu betrachten, welche es mit keinem andern Wasser gemein hat"[8]), — und anderes mehr, was heut zu Tage keiner weiteren Besprechung und Zurückweisung bedarf.

Man wollte in dem Wasser der Therme „ein feines unsichtbares Wesen, einen Mineralgeist, ein primum ens oder

---

[1]) Kiene a. a. O. pag. 99.
[2]) Wolf giebt es zu 1,000405 an. Kiene pag. 65.
[3]) Pleischl, Wolf u. A. Kiene pag. 101.
[4]) Derberger und Alexander. Kiene pag. 87.
[5]) Dieselben. Kiene pag. 88.
[6]) Kiene pag. 56.
[7]) Ibid. pag. 65.
[8]) Gimbernat. Kiene pag. 65.

ein ätherisches Gas“ angenommen wissen [1]). Diese verschiednen Ausdrücke weisen alle mehr oder minder deutlich auf die Anwesenheit eines Gases und dieser Umstand darf nicht unberücksichtiget bleiben.

Nach Wolf u. A. entströmt in Gastein keinerlei Gas frei mit dem Wasser, „wohl aber lässt sich durch Erhitzung des Thermalwassers bis zum Sieden eine quantitativ messbare Menge absorbirter, mit der Wesenheit desselben verschmolzener Gase nachweisen [2]). Die Zusammensetzung dieses Gases wird angegeben: 5,887 % Kohlensäure, 29,010 % Sauerstoff, 65,103 % Stickstoff [3]). Sieht man von der Kohlensäure ab, die nach Wolf nur in Folge der Zersetzung der gelösten kohlensauren Salze auftritt, — so bleibt ein Gas, das aus 30,8 % Sauerstoff und 69,2 % Stickstoff besteht, also fast ganz genau jene Zusammensetzung zeigt, welche die älteren Chemiker der im Regenwasser absorbirten Luft zuschrieben [4]). Wolf giebt, — wenigstens in der dem Verfasser zu Gebote stehenden Quelle — nicht an, wie er das Gasteiner Wasser in sein chemisches Laboratorium brachte, wie er das Gas daraus entwickelte und wie er es analysirte, — eine Kritik seiner Arbeit ist daher nicht möglich. — Verfasser glaubte auch diese Versuche wiederholen zu müssen.

Verfahren zur Bestimmung der Zusammensetzung des im Wasser absorbirten Gases.

Die Entwicklung des Gases und das Auffangen geschah in der Art, wie sie Bunsen in seinen klassischen „Gasometrischen Methoden“ beschreibt. Eine Gasröhre (das Sammelrohr) ist an beiden Enden zu einer engeren Röhre, von Bleistiftdicke ausgezogen, und durch Kautschukhähne [5]) geschlossen. Der eine Kautschukhahn sitzt an einer kurzen Glasröhre, welche durch einen conischen Pfropfen von massivem Kautschuk hin-

---

[1]) Niederhuber. Kiene pag. 105.
[2]) Wolf. Kiene pag. 85.
[3]) Ibid.
[4]) 31,0 % Sauerstoff, 69,0 % Stickstoff. Gilbert's Annalen etc. Bd XX. pag. 132.
[5]) Bunsen, Gasometrische Methoden. pag. 13.

durchgeht. Dieser Pfropf passt vortrefflich auf alle Weinflaschen und Mineralwasserkrüge mittlerer Grösse. Das Sammelrohr wird zur Hälfte mit Wasser gefüllt, der eine Kautschukhahn geschlossen, der andere geöffnet, das Wasser in lebhaftem Kochen erhalten. Ist es bis auf einen geringen Rest verdampft, so wird gleichzeitig die Lampe entfernt und der noch offene Hahn geschlossen. Die Röhre enthält keine Luft mehr, nur Wasserdampf. Hat sie sich abgekühlt, so ist der Druck im Innern derselben so gering, dass damit die Experimente des sogenannten Pulshammers angestellt werden können.

Das Wasser, dessen absorbirtes Gas zur Untersuchung gelangen soll, wird durch einen bis zum Boden einer Flasche oder eines Kruges gehenden Trichter eingefüllt und davon so lange zugegossen, bis eine Menge übergeflossen ist, die gleichkommt dem Gehalt des Gefässes. Die an den Wänden der Flasche condensirte Luft wird auf diese Art ziemlich vollständig verdrängt. Hat die Flasche schon einmal gedient, d. h. enthält sie vor dem Einfüllen des zu untersuchenden Wassers ausgekochtes Wasser und keine Luft, weder im Wasser absorbirt, noch an den Wänden condensirt, — so wird das Resultat der folgenden Versuche mit Benutzung dieses Gefässes gar nicht mehr getrübt durch die Anwesenheit fremder Gase. Man leert die Flasche rasch aus und füllt durch den langen Trichter sogleich das zu untersuchende Wasser nach. An den Wänden der Flasche bleibt dann eine Flüssigkeitsschicht hängen, die allerdings Luft absorbiren kann, — diese hat aber dieselbe Zusammensetzung wie die Luft, welche in dem einzufüllenden Wasser enthalten ist und giebt sonach keine Veranlassung zu Irrthümern.

Ist das Gefäss bis zum Ueberlaufen gefüllt, so wird der Hohlraum des Kautschukpfropfs und des kurzen Glasröhrenstückes zwischen dem untern Hahn und dem Pfropf mit luftfreiem, heissen Wasser gefüllt und dann der Pfropf mit dem Sammelrohr auf die Flasche gesetzt. Drückt man gleich den Pfropf fest ein, so zersprengt man die Flasche. Der Hahn, welcher die Verbindung zwischen dem Innern der Flasche und dem Sammelrohr herzustellen erlaubt, wird geöffnet, — der äussere Luftdruck presst sofort den Pfropf in die Flasche, — man hilft mit der Hand noch etwas nach; das Wasser der Flasche tritt in geringer Menge in das Sammelrohr. Zugleich entwickeln sich viele Gasblasen aus dem Wasser der Flasche und steigen in das Sammelrohr auf, ähnlich wie die Luftperlen aus einem Glase Wasser unter dem Recipienten der Luftpumpe. Die Flasche wird nun in ein Wasserbad gebracht. Schon bei

40—50° tritt unter dem geringen Drucke ein Kochen der Flüssigkeit ein, — zugleich steigt immer mehr Gas in das Sammelrohr; der Druck steigert sich, — das Kochen würde aufhören, wenn man die Temperatur nicht erhöhte. Das Wasserbad wird bis auf ungefähr 95° C. erhitzt. Die eingesperrte Flüssigkeit kocht auf's Heftigste und man vernimmt häufig den bekannten metallischen Klang beim Anschlagen der luftfreien Flüssigkeit an die Glaswände. Durch die Temperaturerhöhung dehnt sich das Wasser der Flasche aus und tritt zum Theil in das Sammelrohr, welchem man die entsprechende Grösse gegeben hat. Kennt man das Volumen der Flasche und die Ausdehnung des Wassers durch die Temperaturerhöhung, so kann man leicht durch Rechnung einen Punkt auf dem Sammelrohr bestimmen, bis zu welchem das Niveau der Flüssigkeit gestiegen sein wird, wenn die Temperatur des Wassers in der Flasche auf 95° gestiegen ist. An diesem Punkt ist das Sammelrohr verengt, so dass das Wasser in demselben nach Beendigung der Gasentwicklung, dem darüber stehenden Gase einen sehr geringen Querschnitt bietet. — Der offene Kautschukhahn wird geschlossen, das Sammelrohr abgenommen. In ihm befindet sich nun das ausgetriebene Gas und Wasser. Liesse man den Apparat erkalten und längere Zeit stehen, so würde ein Theil des Gases von neuem durch das miteingesperrte Wasser absorbirt und seine Zusammensetzung geändert. Um dies zu vermeiden, wird das geschlossene Sammelrohr in ein heisses Wasserbad gebracht und dadurch das in ihm enthaltene Wasser in's Kochen versetzt. — Während der Gasentwicklung aus der Flasche und dem Aufsteigen der Gasblasen in das Sammelrohr kocht übrigens das darin enthaltene Wasser meistens schon.

Aus dem Wasserbade kommt das Sammelrohr mit seinem kochenden Inhalt an den eudiometrischen Apparat, behufs Ueberführung des Gases. Das benutzte Eudiometer ist das von Regnault. Seine Beschreibung findet sich in der schönen Arbeit von Regnault und Reiset über Respiration[1]) und auch in dem Lehrbuche der Chemie von Regnault (deutsch von Bödecker, 4. Band). Dorthin sei verwiesen hinsichtlich der Analysirungsmethode und der Grenzen der Genauigkeit der Resultate. — Die Ueberführung des Gases aus dem Sammelrohr in die Messröhre (tube mesureur) des Eudiometers geschah in folgender Art. Der engere, obere Theil des Sammelrohres ist vor der Stelle, an welcher der

[1]) Liebig u. Wöhler, Annalen der Chemie und Pharmacie. Bd. 73.

Hahn befestigt ist, umgebogen, — nach dem soliden Glaskörper des Hahns, kommt ein schmiedeisernes Röhrchen mit konischer Endung, welches bis auf den Stahlhahn, der durch den Kautschukhahn ersetzt ist, die genaue Copie der Metallfassung der Arbeitsröhre (tube laboratoire) des Regnault'schen Eudiometers ist. Dieses Stück wird an das entsprechend geformte Ende der Messröhre, die ganz mit Quecksilber gefüllt ist, gebracht, die luftdichte Verbindung mit Hülfe des Messingkragens hergestellt und das Sammelrohr ist nun an der Messröhre des Eudiometers gerade so befestigt, wie bei den Analysen die Arbeitsröhre. Die Ueberführung des Gases aus dem Sammelrohr geschieht denn auch in ähnlicher Weise, wie wenn Gas aus der Arbeits- in die Messröhre gebracht wird [1]), — man lässt Quecksilber aus der Manometerröhre ausfliessen und öffnet dann den Stahlhahn der Messröhre und den benachbarten Kautschukhahn des Sammelrohres. Da der zweite Kautschukhahn geschlossen bleibt, so geht nicht alles Gas nach der Messröhre hinüber. Oeffnete man diesen zweiten Kautschukhahn unter Quecksilber, so könnte der ganze Gasinhalt des Sammelrohres in das Eudiometer gebracht werden, — da aber hierbei sich aus dem eindringenden Quecksilber absorbirte Luft entwickeln, auch wohl äussere atmosphärische Luft zutreten könnte, so geschah diess nie, man begnügte sich mit einer kleineren Gasmenge zur Analyse. — So wie die Verbindung zwischen Sammelrohr und Messröhre geöffnet wird, geräth allemal das heisse Wasser des Sammelrohrs in's Kochen (wegen der Druckverminderung). Diesem kann man durch eine untergehaltene Lampe noch nachhelfen und es steht somit nicht zu befürchten, dass irgendwie Gas in dem Wasser des Sammelrohres absorbirt bliebe und die Zusammensetzung des in die Messröhre übergeführten Gases eine andre sein könnte, als jene des im Wasser absorbirt gewesenen und daraus entwickelten. — In die Messröhre gehen Wasserdämpfe mit über und es condensirt sich etwas Wasser in derselben. Diess bringt keine Störung hervor, da der Raum ja immer mit Dämpfen gesättigt sein soll. Ist etwas zu viel Wasser hinübergekommen, so lässt es sich vor der Messung des Gases leicht in die Arbeitsröhre schaffen. Ersetzt man die Sammelröhre, nachdem die Messröhre geschlossen ist, durch die mit Quecksilber vollständig gefüllte Arbeitsröhre, so ist alles zur Analyse bereit, die nun nach den Vorschriften Regnault's ausgeführt wird.

[1]) Liebig und Wöhler. Annalen a. a. O.

Nachträglich noch eine Bemerkung, die sich eigentlich von selbst versteht. Der Hohlraum des eisernen Ansatzstücks des Sammelrohres bis zum soliden Glaskörper des Hahnes wird mit Quecksilber ganz angefüllt, ehe die Vereinigung mit der Messröhre ausgeführt wird. — Man überzeugt sich von der vollständigen Abwesenheit von gemeiner atmosphärischer Luft in diesem Zwischenraume, und von der luftdichten Verbindung mit der Messröhre, dadurch, dass man zuerst den Hahn der Messröhre öffnet, den Kautschukhahn der Sammelröhre aber geschlossen lässt; — es darf keine Luft in die Messröhre kommen, sondern das Quecksilber muss dieselbe dauernd vollständig erfüllen, während aus der Manometerröhre des Apparates schon fast alles Quecksilber ausgelassen worden ist.

Zusammensetzung der im Wasser absorbirten Luft.

Die Analyse des in reinem, destillirtem Wasser absorbirten und durch Kochen unter geringem Drucke daraus entwickelten Gases, ergab folgende Resultate:

I. Durch das reine destillirte Wasser wurde mehre Stunden lang, bei einer mittleren Temperatur von + 1,5 ° C. mit Hülfe einer Luftpumpe atmosphärische Luft gesaugt, welche vor ihrem Eintritt in das Wasser eine Röhre mit kaustischem Kali durchstrich und ihre Kohlensäure abgab.

Es wurde gefunden

1)	0,69	Kohlensäure	und	im	Gasrest	35,51 %	Sauerstoff;	64,49 Stickstoff.
2)	0,3	„	„	„	„	35,20 %	„	64,80 „
3)	0,42	„	„	„	„	35,02 %	„	64,98 „

Bunsen erklärt das Auftreten der Kohlensäure aus der Oxydation organischer Substanzen, die meistens im destillirten Wasser enthalten sind. In der That trat die bekannte Reaktion auf organische Substanz ein, — obgleich nur sehr schwach, — wenn Silbersalz zu dem Wasser gesetzt wurde. Wurde absichtlich etwas lösliche organische Materie dem Wasser zugefügt, so vermehrte sich der Gehalt an Kohlensäure in dem ausgetriebnen Gas beträchtlich. 6 bis 10 Cubik-Centimeter Wasser, das einige Stunden über Hobelspähnen gestanden hatte, zu einem Liter reinen destillirten Wassers gesetzt, bewirkten, dass in dem ausgetriebenen Gase 5 bis 9 % Kohlensäure auftraten. Der Sauerstoffgehalt des Gases war alsdann natürlich geringer; 29 bis 31 %.

Das ausgekochte Wasser, welches in den Versuchen I. 1 und 2 gedient hatte, wurde von neuem in der angegebenen Weise mit kohlensäurefreier Luft gesättigt, nachdem die Flaschen mit dem gleichfalls ausgekochten Wasser aus Versuch I. 3 aufgefüllt worden waren, — die Analyse des ausgetriebenen Gases ergab:

I. 5) 0,15% Kohlensäure und im Gasreste 35,35% Sauerst.; 64,65% Stickst.
6) unsichre Spur „ „ „ „ 35,60% „ „ 64,40% „

Die organischen Substanzen scheinen also durch das erste Kochen fast vollständig verbrannt worden zu sein.

II. Destillirtes Wasser wurde bei Temperaturen von 5^0 bis 18^0 durch längeres Schütteln in grossen, offnen, halbgefüllten Flaschen mit atmosphärischer Luft gesättigt. Das Schütteln geschah am offenen Fenster der Universität, das Aufbewahren des Wassers vor dem Fenster. Die Münchner Universität liegt sehr frei am Ende der Stadt, — der Gehalt der Luft an Kohlensäure ist also hier ein so geringer, dass die vernachlässigte Entfernung derselben durch Kali keinen merkbaren Einfluss auf die Zusammensetzung des absorbirten Gases übte. Das Mittel der Resultate giebt $^1/_2$% Kohlensäure und im Reste des Gases 35,07 % Sauerstoff.

III. Destillirtes Wasser von der Temperatur der Gasteiner Therme, das ist ungefähr 38^0, wurde mit durchgeleiteter kohlensäurefreier Luft (Temperatur derselben: 24^0—27^0) gesättigt. — In einem Liter Wasser wurde bei dieser Temperatur so wenig Gas absorbirt, dass diese Menge zu einer genauen Analyse bei dem angewendeten Verfahren nicht ausreichte. Grössere Gefässe hätten natürlich diesen Missstand gehoben, allein da das Gasteiner Wasser nur in $^3/_4$ Literflaschen zu des Verfassers Verfügung stand, ein Umfüllen desselben nicht statthaft war und es sich nur um eine Vergleichung der Zusammensetzung des in ihm absorbirt enthaltenen Gases mit jener des Gases in reinem Wasser von derselben Temperatur handelte, so glaubte Verfasser die Versuche mit destillirtem Wasser möglichst unter denselben Verhältnissen anstellen zu müssen, die für die Versuche mit Gasteiner Wasser einmal nothwendig gegeben waren. Deshalb wurde das Gas aus zwei Flaschen in einem und demselben Sammelrohr aufgefangen und dann in das Eudiometer gebracht. — Das Sammelrohr erhielt einen grössern Hohlraum, um die grössere Menge Wasser fassen zu können, welche durch Ausdehnung in dasselbe getrieben wird. War das Gas aus der einen Flasche entwickelt, so wurde der Hahn zwischen Flasche und Sammelrohr geschlossen, dieses von der Flasche genommen, der Hohlraum des Kautschukpfropfs.

wenn er sich zum Theile bei der Handhabung entleert hatte, mit ausgekochtem Wasser gefüllt, — die Röhre auf die zweite Flasche gesetzt, der Kautschukhahn geöffnet und die Gasentwicklung bewirkt.

Die Fehlerquellen in diesem complicirten Verfahren sind mindestens doppelt so gross, wie in dem einfacheren. Da ausserdem die aufgesammelte und in das Eudiometer übergeführte Gasmenge (namentlich bei dem Versuche mit Gasteiner Wasser) immer noch etwas kleiner ausfiel, als für gute Analysen wünschenswerth, so leidet die Genauigkeit der Resultate nochmals aus dieser Ursache.

Es wurde gefunden, dass das Gas, welches aus destillirtem Wasser, das bei 38° C. mit Luft gesättigt war, entwickelt werden kann, besteht aus:

III. 1) 0,4% Kohlensäure und im Gasreste 36,2% Sauerst. und 63,8% Stickst.
2) 0,7% „ „ „ „ 35,7% „ „ 64,3% „
3) 0,2% „ „ „ „ 36,4% „ „ 63,4% „

Diese Zahlen stimmen, aus den angegebenen Gründen, nicht sehr genau mit einander überein; sie zeigen aber übereinstimmend einen etwas höheren Sauerstoffgehalt für das im Wasser bei 38° absorbirte Gas, als derselbe für das im Wasser tieferer Temperatur absosbirt gewesene Gas gefunden wurde.

Nach Bunsen ist die Zusammensetzung der im Wasser absorbirten Luft unabhängig von der Temperatur. Zwischen + 1° und + 23° ergiebt diess seine Untersuchung [1]). Humboldt und Gay-Lussac fanden im Gegentheil die bei höhren Temperaturen vom Wasser absorbirte Luft besitze eine andre Zusammensetzung, als die bei niederer Temperatur absorbirte. Sie sagen [2]):

„Man sieht hieraus, dass das Wasser nicht gleichmässig auf das Sauerstoffgas und auf das Stickgas wirkt, und dass durch Erhöhung der Temperatur die Wirkung desselben auf das erste minder, als die auf das zweite Gas geschwächt wird.“

Die Genauigkeit der diesem Ausspruche zu Grunde liegenden Messungen erreicht zwar bei weitem nicht jene der Bunsen'schen Bestimmungen, allein da Bunsen seine Versuche nur zwischen den engen Temperaturgrenzen von 1 und 23° gemacht hat, so darf die Humboldt-Gay-Lussac'sche Ansicht noch nicht als widerlegt angesehen werden. Dürften die in den Versuchen III. gefundenen Zahlen als ganz richtige und sichere angesehen werden, so dienten sie zur Bestätigung der Ansicht von Humboldt und Gay-Lussac;

[1]) Bunsen, Gasometrische Methoden. pag. 167.
[2]) Gilbert's Annalen der Physik und Chemie. Bd. XX. (1805.) p. 134.

da sie aber keinen Anspruch auf gänzliche Zuverlässigkeit machen können, so ist die Frage, ob die Temperatur des Wassers Einfluss auf die Zusammensetzung des in demselben absorbirten Gases habe, hierdurch nicht erledigt.

Das Gasteiner Wasser, welches auf seinen Gasgehalt geprüft werden sollte, war in vier Rheinweinflaschen, deren jede etwa $^3/_4$ Liter fasst, enthalten. Es wurde in dem Gasteiner Hauptstollen nach den Vorschriften aufgefangen, die Bunsen in seinen „Gasometrischen Methoden", pag. 16 ff. giebt [1]).

Die Flaschen waren zwar bei der Temperatur der Quelle (38°) vollständig gefüllt, — natürlich aber nicht mehr bei der niederern Temperatur des Laboratoriums. Sofort nach ihrer Oeffnung wurde der Geruch geprüft, ausgekochtes heisses Wasser aufgefüllt bis zum Ueberlaufen und das vorbereitete Sammelrohr aufgesetzt. Die conische Form und die Weichheit des Kautschukpfropfs machten es möglich, dass der luftdichte Schluss ohne Zeitverlust bewerkstelligt werden konnte. Das in der Flasche enthaltene Wasser blieb nicht länger als etwa eine halbe Minute mit der Atmosphäre in Berührung. Nach älteren Beobachtungen von Berzelius und Andren und durch eigene Erfahrungen geleitet, muss der Verfasser befürchten, dass die freie Communication mit der Atmosphäre, selbst in dieser kurzen Zeit, schon einigen Einfluss auf die Zusammensetzung der absorbirten Luft ausgeübt haben könne. — Drei der geöffneten Flaschen zeigten einen faden Geruch, etwa wie Gartenerde, nur sehr viel schwächer, — die vierte Flasche roch deutlich nach Schwefelwasserstoff. Da dieses Gas nicht primär im Gasteiner Wasser enthalten ist, so war gewiss die Flasche nicht ganz rein gewesen; ihr Inhalt wurde nicht benützt. Es konnte also nur eine einzige Analyse des absorbirten Gases gemacht werden, da zwei Flaschen zu einer solchen erforderlich sind. Mit dem Gase aus dem Wasser der dritten Flasche wurden einige qualitative Untersuchungen vorgenommen, die bestätigten, was Wolf und andere Beobachter unter günstigeren Umständen schon fanden, — nämlich, dass keine andre Gase als Kohlensäure, Sauerstoff und Stickstoff in dem Thermalwasser absorbirt sind [2]).

Das Ergebniss der quantitativen Analyse war:

4,1% Kohlensäure und im kohlensäurefreien Reste 16,3% Sauerstoff, 83,7% Stickstoff.

[1]) Der k. k. Badearzt in Gastein, Herr Dr. v. Hoenigsberg, hatte die Gefälligkeit, dem Verfasser, der nicht selbst Gastein besuchen konnte, das Wasser zu besorgen.

[2]) Kiene, Die warmen Quellen zu Gastein. pag. 85.

Man sieht, der Gehalt an Sauerstoff ist bedeutend geringer, als er für das Gas gefunden wird, welches bis zur Sättigung im reinen destillirten Wasser enthalten ist. Das Gasteiner Wasser hat die Sauerstoffarmuth der darin enthaltenen Atmosphäre gemein mit allem Quellwasser, — häufig enthalten diese noch viel weniger Sauerstoff. Diese Thatsache wird sogleich verständlich, wenn man bedenkt, dass die Verwitterung der Gesteine an der Oberfläche und an den Wänden der feinen Kanäle, Risse und Sprünge, welche das meteorische Wasser nach dem Erdinnern gelangen lassen, wo es sich ansammelt, um dann anderwärts als Quelle wieder zu Tag zu treten, — dass diese Verwitterungen grössten Theils durch Oxydation auf Kosten des im Regenwasser absorbirten Sauerstoffs stattfindet. Das Gasteiner Wasser unterscheidet sich somit hinsichtlich der in ihm absorbirt enthaltenen Gase nicht wesentlich von andrem Quell- und Flusswasser, seine medizinische Wirkung kann also nach dieser Richtung hin keine Erklärung finden, um so weniger, da das Wasser, wenn es zum Gebrauche als Bad gelangt, bereits längere Zeit in freier Communication mit der Atmosphäre gestanden hat, durch Diffusion die Zusammensetzung des darin enthaltenen Gases also wesentlich alterirt und noch ähnlicher wird jener des in andrem, gewöhnlichen Badewasser absorbirten Gases.

Aus bereits angegebenen Gründen kann die oben mitgetheilte Analyse keinen Anspruch auf sehr grosse Genauigkeit machen. Es sei noch bemerkt, dass die unvermeidlichen Fehlerquellen einen grösseren Sauerstoffgehalt finden machen lassen, als er wirklich vorhanden ist.

Die gefundene Kohlensäure (4,1 %) kann dreierlei Ursprungs sein:

1. Das Wasser war auf seinem Wege im Erdinnern mit einer kohlensäurereichen Atmosphäre in Berührung und hat dadurch Kohlensäuregas absorbirt;

2. Das Wasser enthält organische Substanzen, durch deren Oxydation beim Austreiben des Gases Kohlensäure entsteht;

3. Die in dem Wasser bekanntlich gelösten kohlensauren Salze (Sesquicarbonate nach Wolf) zersetzen sich beim Kochen und entwickeln kohlensaures Gas. —

Es ist kein Zweifel, dass die dritte der angegebenen Ursachen, das Auftreten von Kohlensäure, angenommen werden muss; es ist aber nicht sicher, ob die beiden andren Ursachen, oder auch nur eine davon mitwirkend sind. Wolf schliesst[1]):

---

[1]) Kiene a. a. O. pag. 77.

„dass die Gasteiner Thermen nicht die geringste Quantität völlig freier, blos im Wasser aufgelöster Kohlensäure enthalten" — er schliesst unter der Annahme, die Zersetzung der kohlensauren Salze beim Kochen sei eine vollständige. Sicher kann die Menge Kohlensäure, welche das Gasteiner Wasser durch Absorption im Innern der Erde etwa aufnimmt, nur eine sehr geringe sein, — es würden sich sonst bedeutendere Quantitäten fester Substanzen aus den durchflossenen Gneissfelsen lösen. — In dem Gasteiner Wasser ist organische Substanz gefunden worden, „die als unwägbare aber stete Begleiterin der Kieselerde auftritt, aber auch bei Fällung des Chlors durch Silbersalze dem niederfallenden Silberchloride gleich eine violett opalisirende Färbung ertheilt und eine dem Baregine analoge Substanz ist" [1]). Die organischen Substanzen werden deutlicher und treten in grösserer Menge auf, wenn das Wasser erst einige Zeit am Lichte mit der atmosphärischen Luft in Berührung stand. Werneck hat alsdann sogar Infusorien in dem Wasser nachgewiesen [2]). — Es ist aber nicht ausgemacht, ob diese organischen Substanzen nicht erst später in das Wasser gekommen sind, — das letzte Citat führt sofort auf diese Vermuthung. Wären organische Materien primär in dem Wasser enthalten, so müsste eine Zersetzung der schwefelsauren Salze und demgemäss sofortiges Auftreten von Schwefelwasserstoff erwartet werden, — wie diess zufällig in das Wasser gerathene organische Materien (Strohhälmchen etc.) bewirken. Erinnert man sich daran, dass, namentlich zur Sommerszeit, selbst in chemischen Laboratorien, welche, wegen der darin häufig auftretenden giftigen Gase (Chlor, saure Dämpfe, Schwefelwasserstoff etc.) der Entwicklung organischer Produkte höchst ungünstig sind, in unvollkommen verschlossenen Gefässen und mehr noch in offenen, mit destillirtem Wasser gefüllten, nach einiger Zeit organische Gebilde in solcher Menge auftreten, dass das blosse Auge sie, — als Flocken, grünen Schleim etc. wahrnimmt, und ferner daran, dass das feuchte Gasteiner Thal der Bildung solcher Körper sehr günstige Bedingungen bietet (man denke an die üppige Vegetation), so wird die Vermuthung, die organischen Substanzen, die im Gasteiner Wasser gefunden würden, seien erst später in dasselbe zufällig gekommen, nur sehr wahrscheinlich. Es ist ferner nicht wohl einzusehen, woher die organischen Körper in dem Gasteiner Wasser rühren sollten. — Ein paar Versuche mit Gasteiner

[1]) Kiene pag. 79.
[2]) Ibid. pag. 102.

Wasser, das allerdings weniger sorgfältig aufgefangen worden war, als jenes der 4 Flaschen, die speciell zur Untersuchung des Gasgehaltes bestimmt waren, in welchem man, um die Zersetzung der kohlensauren Salze möglichst zu vermeiden, die Temperatur beim Entwickeln des Gases in einem luftleeren Raum nicht über 40^0 steigen liess, gaben nur Spuren von Kohlensäure. Haben diese Versuche auch nichts streng Beweisendes, so stärken sie doch immerhin die Wahrscheinlichkeit, dass die oben zuerst angeführten zwei Gründe des Auftretens von Kohlensäure, im Gasgemische, — nicht vorhanden sind.

Als Resultat der geführten Untersuchung über den Gasgehalt des Gasteiner Thermalwassers lässt sich sagen:

1. Das Gasteiner Wasser, wie es dem Berg entspringt, unterscheidet sich hinsichtlich seines Gasgehaltes nicht wesentlich von anderem Quellwasser.

2. Das Gasteiner Wasser, wie es zu Bädern in Verwendung kommt, unterscheidet sich hinsichtlich seines Gasgehaltes gar nicht oder nur sehr wenig von erwärmtem destillirten Wasser.

Die Fähigkeit des Gasteiner Wassers, die Elektricität zu leiten,

ist mehrfach geprüft worden, aber nirgends findet sich ein numerisches Verhältniss der Leitungsfähigkeit des Gasteiner Wassers zu jener andren Wassers oder andrer Flüssigkeiten angegeben. Man begnügte sich mit der Folgerung, das Gasteiner Wasser leite die Elektricität besser, als das destillirte. — Baumgarten hat diese Angabe schon 1829 gemacht. — Von A. F. W. Schulz sind in der oft citirten Schrift von Kiene[1]) eine Anzahl Ablenkungen der Magnetnadel angegeben, welche eintraten, wenn Metallplatten in Gasteiner oder destillirtes Wasser verschiedener Temperaturen in verschiedenen Distanzen eingetaucht waren. — Diese Angaben reichen nicht hin, einen Schluss auf die Grösse der Leitungsfähigkeit der Flüssigkeiten oder ihrer elektromotorischen Kraft zu machen.

Herr Professor Dr. Wolf hat im Jahre 1845 gleichfalls Versuche über Elektricitätsleitung und elektromotorische Kraft des Gasteiner Thermalwassers angestellt. Deren erlangte Resultate beweisen:

---

[1]) pag. 89 ff.

„1. Dass das Gasteiner Thermalwasser eine bedeutend kräftigere elektromotorische Wirksamkeit besitze, als Brunnenwasser und destillirtes Wasser;

2. Dass es diese Wirksamkeit lediglich den salinisch-alkalischen Bestandtheilen verdanke;

3. Dass bei diesen Versuchen auch die Thermoelektricität Einfluss nehme, und die Nadeldivergenz beim Sinken der Temperatur abnehme;

4. Dass endlich alle Versuche nicht die elektrische Leitungsfähigkeit des Thermalwassers, sondern lediglich die kräftigere elektromotorische Wirksamkeit ausser Zweifel setzen [1]).“

Pleischl [2]) hat eine Kupfer- und eine Zinkplatte in Gasteiner Wasser gestellt, die Platten mit Einschaltung eines Galvanometers leitend verbunden und in langen Tabellen die während mehrer Tage beobachteten Ablenkungen der Magnetnadel angegeben. Die Temperatur des Gasteiner Wassers war dabei eine veränderliche. Bei andren Versuchen Pleischl's diente das Gasteiner Wasser nur als Leiter des Stromes einer voltaischen Kette und es wurden, wie in den vorhergehenden Experimenten, die Ablenkungen der Magnetnadel eines Galvanometers notirt. — Auch aus diesem umfangreichen Beoachtungsmaterial lässt sich keine Folgerung gewinnen über die Grösse der Leitungsfähigkeit des Gasteiner Wassers und seiner elektromotorischen Kraft.

Leitet man einen und denselben elektrischen Strom einmal durch eine Säule reinen, destillirten Wassers, das andre mal durch eine gleich grosse Säule Gasteiner Wassers (unter Anwendung derselben Elektroden) und findet man, dass im letzten Falle eine stärkere Ablenkung der Magnetnadel eines in den Strom eingeschalteten Messinstrumentes bemerkt wird, als im ersten Falle, so folgt daraus, dass der Strom eine bedeutendere Schwächung erfährt, wenn er eine Schichte reinen, destillirten Wassers durchfliesst, als wenn er durch eine Schichte Gasteiner Wassers derselben Dimensionen sich fortpflanzt. —

Geht ein Strom durch eine Flüssigkeit, so tritt immer ein, dem primitiven entgegengesetzt gerichteter Strom auf, der also den ersten schwächt. Man schreibt diesen Gegenstrom der elektromotorischen Gegenkraft der Flüssigkeit oder der galvanischen Polarisation der Elektroden durch die Flüssigkeit zu. Die Schwächung des Stroms rührt also von zwei Ursachen

---

[1]) Kiene pag. 93.

[2]) Medizinische Jahrbücher des k. k. öster. Staates. Bd. 58. (1846) pag. 155—181, 285—300,

her, — von dem Gegenstrome und von dem Leitungswiderstande der Flüssigkeit. Das Verhältniss der Grösse der Gegenströme bei Einschaltung von Gasteiner und destillirtem Wasser ist nicht bekannt, die geringere Schwächung des Stromes bei Anwendung von Gasteiner Wasser kann also herrühren von der geringeren Intensität des auftretenden Gegenstromes; — es ist denkbar, dass die Leitungsfähigkeit des Gasteiner Wassers gleich, ja sogar noch geringer sei, als jene des destillirten Wassers und dennoch eine grössere Ablenkung am Messinstrumente auftritt, als bei Einschaltung einer gleich grossen Säule destillirten Wassers.

Will man den Leitungswiderstand zweier Flüssigkeiten mit einander vergleichen, so ist es unerlässlich, die galvanische Polarisation zu berücksichtigen oder die Versuche so anzuordnen, dass sie eliminirt wird. Die Methode von Wheatstone und Horsford giebt hierzu Anleitung.

In folgender Art hat der Verfasser das Verhältniss der Leitungswiderstände gleich grosser Säulen destillirten Wassers, Gasteiner Wassers und jenes Wassers untersucht, welches die grossen Springbrunnen vor der Münchner Universität speist (Isarwasser).

Die zu untersuchende Flüssigkeit wurde in einen aus Glasplatten zusammengefügten parallelopipedischen Kasten gefüllt. Die Breite dieses Troges ist 9 Centm., seine Höhe 11 Centm., Länge 22 Centm. Zwei rechteckig zugeschnittene Platinplatten sind möglichst eben auf Glasscheiben gekittet und füllen fast vollständig den Querschnitt des Troges aus. Die Glasscheiben mit den Platinplatten sind an dem einen Ende an Holzstücke gekittet; — ruhen diese auf den horizontalen Längskanten der offenen Seite des Glastroges, so reichen die Glasscheiben bis fast auf den Boden des Troges und nehmen eine vertikale Stellung ein. An der hinteren und an der vorderen langen Seite des Glaskastens sind zwei Theilungen (in Millimeter) aufgeklebt; — wenn die beiden die Platinplatten tragenden Glasscheiben der vordern und hintern Höhenkante mit correspondirenden Linien der Theilungen zusammenfallen, so stehen die Platinplatten exact parallel, und an den Theilungen liest man mit Bequemlichkeit ihre Entfernung von einander ab. — Die Platinplatten haben congruente Formen; zieht man auf jeder mit Bleistift eine Linie parallel zur unteren Kante und ist diese Linie auf beiden Platten in gleicher Distanz von

der unteren Kante, so hat man congruente Flächenräume begrenzt; durch eine zweite Bleistiftlinie in der Mitte zwischen der ersten und der unteren Kante und parallel zu beiden werden diese halbirt. Es ist leicht so einzurichten, dass das Niveau der in den Trog gefüllten Flüssigkeit genau bis zu den entsprechenden Linien auf den Platinplatten reicht, so dass also die in der angegebenen Weise begrenzten Flächen der Platinplatten die Grundflächen eines leitenden rechtwinkligen Parallelepipedums von Flüssigkeit sind.

Die eine der Platinplatten steht direct mit dem positiven Pole einer galvanischen Kette in Verbindung; von der andren Platinplatte führt ein Draht zu einem Galvanometer mit wenig Windungen und von diesem ein zweiter Draht zum negativen Pol der Kette. Der Strom der Kette geht also von dem positiven Pol nach der ersten Platinplatte, durchdringt dann die Flüssigkeitssäule, deren Querschnitt gleich der eingetauchten Fläche der Platinplatte ist, geht durch die zweite Platinplatte zum Galvanometer, durch dieses und dann zum negativen Pole.

Elektricitätsquelle ist ein Grove'scher Becher, mit sehr verdünnten Säuren, der also nur einen sehr schwachen Strom liefert.

Ist der Trog mit Flüssigkeit bis zu den Bleistiftstrichen auf den Platinplatten gefüllt, die Platten selbst in einer Entfernung von 25 Millimeter parallel zu einander gestellt, so bemerkt man z. B. eine Ablenkung von 60^0 an der Nadel des Galvanometers. Schaltet man nun in den Kreislauf des Stromes noch einen sehr dünnen Metalldraht von bedeutender Länge ein (305 Meter), so wird der Strom geschwächt, die Nadel hat nur mehr eine Ablenkung von 55^0. Entfernt man den dünnen Draht, so erhebt sich die Ablenkung wieder auf 60^0. Rückt man aber die eine Platinplatte parallel zu der andren um 5 Millimeter weiter, so wird eine längere Flüssigkeitssäule vom Strome durchflossen, die Nadel geht wieder auf 55^0 zurück. Hieraus erkennt man, dass der Widerstand einer 5 Millim. langen Flüssigkeitssäule, deren Querschnitt gleich ist dem eingetauchten Theile der Elektroden, gerade so gross ist, wie der Leitungswiderstand der Rolle dünnen, versilberten Kupferdrahtes von 305 Meter Länge. Macht man denselben Versuch dann, nachdem Platten und Trog gereinigt, mit andrer Flüssigkeit, so findet man eine andre Länge der Flüssigkeitssäule, deren Widerstand gleich ist dem Widerstand der Drahtrolle; also leisten die beiden gemessenen Flüssigkeitssäulen dem Strome gleichen Widerstand.

Die Leitungswiderstände zweier Flüssigkeiten sind nach bekannten Gesetzen proportional den Längen und verkehrt proportional den Querschnitten der leitenden Schichten. Leisten zwei Flüssigkeitssäulen gleichen Leitungswiderstand, so verhalten sich die Leitungsfähigkeiten der Flüssigkeiten direct wie die Längen und verkehrt wie die Querschnitte der leitenden Schichten.

Horsford benützte bei ähnlichen Messungen eine Tangentenbussole, während hier von einem Galvanometer Gebrauch gemacht wird. Um an der Tangentenbussole merkbare Ablenkungen zu erhalten, wenn destillirtes Wasser, dessen Leistungswiderstand so ausserordentlich gross ist, als Stromleiter dient, muss man sehr starke Batterien anwenden, während das viel empfindlichere Galvanometer Ablenkungen der Magnetnadel auch noch bei sehr schwachem Strome zeigt. — Starke Batterien haben aber während der Dauer eines Versuches nicht die zu einer guten Messung erforderliche Constanz, während ein sehr schwacher Strom sich leicht ein paar Stunden in unveränderter Intensität erhält.

War Gasteiner oder Isar-Wasser in den Strom eingeschaltet, so wurde der Trog nur bis zum unteren Bleistiftstrich auf den Platinplatten gefüllt; bei destillirtem Wasser hingegen bis zum oberen. Die Querschnitte der leitenden Flüssigkeitssäulen waren also $^1/_2$ und 1. Es geschah diess, um nicht gezwungen zu sein, eine allzugrosse Länge der Flüssigkeitssäule bei Gasteiner und Isar-Wasser geben und also den Trog nicht von einer unbequemen Länge wählen zu müssen.

Die folgenden 5 Tabellen enthalten, als Ergebnisse der Beobachtungen, die Länge und den Querschnitt jener Flüssigkeitssäulen, deren Leitungswiderstände gleichkommen dem Widerstande einer Rolle feinen, versilberten Kupferdrahtes, dessen Länge jedesmal in der obersten Spalte der Tabelle angegeben ist.

Tab. I. Temp. 20°4 C.

Drahtlänge 305 Meter.

	Flüssigkeit.	reines, dest. Wasser.	Gasteiner Wasser.
Der Flüssigkeitssäule	Querschnitt	1	$^1/_2$
	Länge	5,4 Millim.	66,0 Millim.
		5,6 Millim.	63,0 Millim.
		5,5 Millim.	65,5 Millim.
			61,0 Millim.
	Mittlere Länge	5,5 Millim.	63,8 Millim.

Tab. II. Temp. 18° 2 C.

Drahtlänge 690 Meter.

	Flüssigkeit	reines dest. Wasser.	Gasteiner Wasser.
Der Flüssigkeitssäule	Querschnitt	1	1/2
	Länge	11,25 Millim.	142,0 Millim.
		11,35 „	140,5 „
		11,4 „	138,5 „
		11,25 „	139,5 „
		11,5 „	141,0 „
	Mittlere Länge	11,33 „	140,3 „

Tab. III. Temp. 18° 15 C.

Drahtlänge 305 Meter.

	Flüssigkeit	reines dest. Wasser.	Gasteiner Wasser.
Der Flüssigkeitssäule	Querschnitt	1	1/2
	Länge	5 Millim.	63,0 Millim.
		5 „	61,5 „
		5 „	62,2 „
	Mittlere Länge	5 „	62,23 „

Tab. IV. Temp. 18° 3 C.

Drahtlänge 690 Meter.

	Flüssigkeit	rein. dest. Wasser.	Gasteiner Wasser.	Isar-Wasser.
Der Flüssigkeitssäule.	Querschnitt	1	1/2	1/2
	Länge	11,25 Mm.	141,5 Mm.	174,5 Mm.
		11,5 „	140,5 „	174,0 „
		12,0 „	140,0 „	175,0 „
		11,0 „	141,0 „	173,5 „
		11,0 „	140,5 „	174,5 „
	Mittl. Länge	11,35 „	140,7 „	174,3 „

Tab. V. Temp. 18° 2 C.

Drahtlänge 305 Meter.

	Flüssigkeit	rein. dest. Wasser.	Gasteiner Wasser.	Isar-Wasser.
Der Flüssigkeitssäule	Querschnitt	1	1/2	1/2
	Länge	5 Millim.	61,0 Mm.	78,0 Mm.
		5 „	60,0 „	77,0 „
		5 „	59,5 „	76,5 „
			60,0 „	77,5 „
			60,0 „	77,5 „
	Mittl. Länge	5 „	60,1 „	77,3 „

Es berechnet sich hiernach das Verhältniss der Leitungsfähigkeiten

aus dem Mittel von		rein. dest. Wassers.		Gastein. Wassers.		Isar-Wassers.
Tab. I.	wie	1	:	5,8		
„ II.	wie	1	:	6,19		
„ III.	wie	1	:	6,22		
„ IV.	wie	1	:	6,3	:	7,68
„ V.	wie	1	:	6,01	:	7,73
aus dem Mittel aller Versuche	wie	1	:	6,1	:	7,70
				1	:	1,26

Es besitzt also das Gasteiner Wasser eine Leitungsfähigkeit für die Elektricität die bedeutend grösser ist, als jene des reinen, destillirten Wassers, aber geringer ist, als die Leitungsfähigkeit des Isarwassers. Es ist längst bekannt, dass selbst schwache Salzlösungen die Elektricität um vieles besser leiten, als das reine Wasser; nichtsdestoweniger mag es zunächst überraschen, dass das Gasteiner Wasser, eine so äusserst verdünnte Lösung, 6 mal so gut die Elektricität leitet, als das reine Wasser, während die viel concentrirtere Lösung: „Isar-Wasser" nur um wenig besser leitet. Man ist aber nur so lange überrascht, als man stillschweigend die Hypothese macht, die Leitungsfähigkeit sei direct und einfach proportional der Concentration der Lösung, — eine Hypothese, die nicht zulässig ist, schon desshalb, weil sie dem reinen Wasser einen unendlich grossen Leitungswiderstand zuschreibt. — Die Leitungsfähigkeit nimmt sehr rasch zu, wenn auch nur äusserst geringe Mengen fremder Stoffe in dem Wasser gelöst sind; — diess wurde recht deutlich durch die Thatsache, dass destillirtes Wasser, aus einem anderen Laboratorium bezogen, als das oben „reines destillirtes Wasser" genannte, die Elektricität beinahe 2 mal so gut leitete, als dieses letztere und gleichwohl die gewöhnlichen Proben, — Abdampfen auf dem Platinbleche, Verhalten gegen Reagenzpapiere etc. keine Unreinheit erkennen liessen. Die Verunreinigung kann nur durch die Absorption saurer oder ammoniakalischer Dämpfe, die sich in der Atmosphäre dieses Laboratoriums wohl etwas reichlicher vorfanden, als in der Luft des andren Laboratoriums, hervorgebracht worden sein, und zwar waren diese nur in sehr geringen Mengen im Wasser enthalten, denn sonst würde sich ihre Anwesenheit durch saure oder ammoniakalische Reaktion verrathen haben. Wäre die Messung des Leitungswiderstandes eine bequemere und einfachere Arbeit, als diess wirklich

der Fall ist, so böte sie ein sehr nützliches und empfindliches Mittel zur Prüfung der Reinheit des Wassers dar.

Eine Erklärung, wie denn eigentlich die schon früher als erwiesen betrachtete grössere Leitungsfähigkeit des Gasteiner Wassers zu der heilsamen Wirkung der Bäder in diesem beitragen oder sie gar ausschliesslich bedingen solle, ist nie gegeben worden. Will man auch fernerhin zugeben, die Bäder in Gasteiner Wasser brächten auf den menschlichen Körper andre Wirkungen hervor, als Bäder in irgend andrem warmen Wasser, so wird man nach den eben mitgetheilten Messungen die Erklärung der besonderen Wirkung nicht mehr mit Hülfe der Leitungsfähigkeit versuchen können. Denn die meisten Quell- und Flusswasser besitzen, als concentrirtere Lösungen, grösseres Leitungsvermögen, das destillirte Wasser aber kleineres, als das Gasteiner Wasser, und von Bädern, in dem einen oder dem andren dieser Wasser wären demnach kräftigere Wirkungen zu erwarten, wollte man nicht zu der exceptionellen, aller Analogie entbehrenden Meinung flüchten, gerade die Leitungsfähigkeit, von der Grösse, wie sie dem Gasteiner Wasser zukomme, und keine grössere noch kleinere, bedinge medizinische Wirkung.

Neben der Leitungsfähigkeit des Gasteiner Wassers für die Elektricität, hat man auch seine elektromotorische Kraft hervorgehoben und in dieser, freilich auch ohne anzugeben, wie, die Ursache seiner wohlthätigen Wirkung finden wollen. Aus denselben oder ähnlichen Versuchen, aus welchen man glaubte, schliessen zu dürfen, die Leitungsfähigkeit des Gasteiner Wassers sei grösser, als jene des destillirten, hat man auch gefolgert, seine elektromotorische Kraft sei eine grössere, trotzdem dass die angestellten Versuche ebensowenig einen Schluss auf die Grösse dessen, was die Physik „elektromotorische Gegenkraft oder Polarisation“ nennt, erlauben, als auf die Grösse der Leitungsfähigkeit. Die Bestimmung der elektromotorischen Gegenkraft einer Flüssigkeit, nach absolutem Maasse oder im Verhältniss zu jener des reinen destillirten Wassers, ist eine sehr schwierige Untersuchung. Ein paar, allerdings nicht strenge beweisende Versuche, lassen den Verfasser vermuthen, dass die elektromotorische Gegenkraft, welche bei schwachen Strömen Gasteiner Wasser gegen Platinelektroden hervorbringt, nicht bedeutend verschieden ist von jener, welche bei Anwendung reinen, destillirten Wassers unter denselben Umständen auftritt. Für jene Aerzte, die geneigt sind, durchaus die Elektricität in die Erklärung der specifischen Wirkung der Gasteiner Bäder hereinzuziehen, würde übrigens

die, wie gesagt nur nach Ueberwindung bedeutender Schwierigkeiten zu erreichende Bestimmung der elektromotorischen Gegenkraft des Gasteiner Wassers in Contakt mit Platinplatten, kein Grund sein, ihre Theorien aufzugeben. Denn wenn auch erwiesen wäre, dass die elektromotorischen Gegenkräfte von Gasteiner und destillirtem Wasser gegen Platin nicht verschieden sind, so ist es ja nicht das Verhalten des Thermalwassers gegen Platin, sondern sein Verhalten gegen den menschlichen Körper, welches allein zu dem Zweck der angestrebten Erklärung in Betracht kommt. Das elektrische Verhalten zweier Flüssigkeiten wie reines und Gasteiner Wasser gegen die menschliche, lebende Haut numerisch zu bestimmen, ist aber eine Aufgabe, welche, wenigstens vorläufig, die Physiker höchst wahrscheinlich nicht lösen können.

Die specifische Wärme des Gasteiner Wassers

wurde nach der Mischungsmethode bestimmt. — Ein gefirnisster Stahlcylinder steckt in einer, ihn eng umschliessenden, Hülse von dünnem Messingblech. Die Hülse ist mit einem Deckel geschlossen und steht in schmelzendem Eis. Soll ein, in schmelzendem Eis stehender Körper sicher die Temperatur Null annehmen, so sind einige Vorsichtsmaasregeln zu beachten. Häufig ist ein Luftstrom, der zwischen dem Eise und dem darin eingegrabenen Körper durchzieht, Ursache, dass dieser nie die Temperatur des schmelzenden Eises annimmt. Deswegen befand sich bei den folgenden Versuchen der Cylinder mit seiner Hülse in einem Trichter, ganz mit feingestossenem Eise umgeben; das durch Schmelzen entstehehende Wasser fliesst in ein untergestelltes Gefäss; eine Glocke (Luftpumpenglocke), über das Ganze gestürzt, hemmt die Luftcirculation. — Das Eis schmilzt viel langsamer, als wenn die Glocke nicht vorhanden; nach einigen Stunden ist die Temperatur des Stahlcylinders sicher Null geworden. Bei den Versuchen stand er immer mindestens zwei Stunden im Eis. (Die Resultate der Versuche ergeben sich als identisch, einerlei, ob der Cylinder 2 oder 24 Stunden auf diese Art in Eis gesetzt war.)

Möglichst nahe neben den beschriebenen Kühlapparat und von diesem durch einen, die gegenseitige Bestrahlung hindernden Schirm geschieden, wird das Calorimeter, ein Becher aus

dünnem, gefirnisstem Messingblech, aufgestellt. Es ruht auf drei kleinen Korkstückchen, die am Boden eines weiteren, das Calorimeter in ein Millimeter Entfernung rings umschliessenden, Messingcylinders liegen. In dem Calorimeter findet sich eine gewogene Menge der zu prüfenden Flüssigkeit, deren Temperatur etwas höher als jene der umgebenden Luft gewählt ist. In die Flüssigkeit taucht ein Thermometer, dessen Röhre nach vorgängiger, sorgfältiger Calibrirung in gleiche Volumenabschnitte, durch aufgeätzte Striche getheilt ist. 9,65 Röhrentheile entsprechen 1^0 C. Man beobachtet das Thermometer durch ein kleines Fernrohr und kann Zehntel seiner Theilung bequem schätzen. Die Sekundenuhr vor Augen, wird bei beständigem Bewegen der Flüssigkeit durch einen kleinen Rührer (sehr dünnes, lackirtes Messingblech in der Grösse eines Sechsers an einem feinen Draht) die Temperatur der Flüssigkeit jede Minute bemerkt. — Am Ende der dritten Minute wird die Glocke des Kühlapparates aufgehoben, der Deckel der Hülse entfernt, der Stahlcylinder an einem langen Seidenfaden rasch herausgehoben, sofort in die Flüssigkeit des Calorimeters getaucht und nun in dieser, stets ganz bedeckt von ihr, bewegt. Der Gang des Thermometers wird von Minute zu Minute weiter verfolgt. Der Stahlcylinder ist gehöhlt, um ihm eine grössere Oberfläche zu geben, wodurch also eine raschere Herstellung des Temperaturgleichgewichtes ermöglicht ist. — Am Ende der siebenten Minute beginnt die Temperatur, die durch das Einbringen des kalten Stahles in die Flüssigkeit unter jene der umgebenden Luft gesunken ist, wieder zu steigen. Sie wird noch einige Minuten hindurch beobachtet.

Zwischen der Temperaturbeobachtung am Ende der dritten Minute und dem Eintauchen des kalten Stahles in die Flüssigkeit, vergehen 10 bis 15 Sekunden. Der Stahl beschreibt seinen kurzen Weg ($1^1/_2$ Fuss) in der Luft binnen einem Bruchtheile einer Sekunde. Seine Temperatur kann sich desshalb vor dem Eintauchen nur um ausserordentlich wenig erhöhen und es kann sich nur eine äusserst geringe Quantität Wasserdampfes an ihm condensiren. — Da es sich hier nicht um die Bestimmung der Wärmecapacität des Stahles, sondern um die Vergleichung der specifischen Wärmen zweier Flüssigkeiten handelt, so wären die Resultate genau, auch wenn der Stahlcylinder grössere Aenderungen in seiner Temperatur und in seinem calorischen Werthe erfahren hätte, — wenn nur diese Aenderungen bei den verschiedenen Versuchen dieselben sind.

Es ist von einem nicht geringen Vortheil, die Temperaturveränderung der zu untersuchenden Flüssigkeit durch einen,

gerade auf Null abgekühlten Körper zu bewirken. Hat der Körper irgend eine andre Temperatur (bei dem gewöhnlichen Verfahren meist nahezu 100^0), so bedarf man eines zweiten Thermometers, dessen Gang genau mit dem Gang des Thermometers im Calorimeter übereinstimmen muss, — was bekanntlich sehr schwer zu erreichen ist. — Die Befürchtung, die Temperatur des festen Körpers könnte sich beim Transporte in das Calorimeter ändern, ist in noch höherem Grade als bei diesen Versuchen, dann zu hegen, wenn der Wärmezustand des festen Körpers grössere Verschiedenheit von der Temperatur der umgebenden Luft zeigt, als hier.

Von allen, zu solchen Versuchen brauchbaren Substanzen hat der Stahl bei gleichem Volumen die grösste Wärmecapacität; — desshalb wurde gerade Stahl gewählt. Es ist leicht, das Verhältniss der Gewichte von kaltem Stahl und warmer Flüssigkeit so zu nehmen, dass die letztere durch das Eintauchen des ersteren eine, für den Zweck hinreichende Temperaturänderung erfährt. Sie beträgt in diesen Versuchen durchschnittlich 4^0 C.

Die Beobachtungsmethode ist im Sonstigen jener Regnault's nachgebildet, ebenso die Berechnungsweise.

Die Beobachtung der Temperatur in den drei ersten Minuten (vor dem Eintauchen des Stahles) lehrt das Gesetz der Abkühlung der Flüssigkeit kennen und mit Hülfe desselben ihre Temperatur im Moment des Eintauchens des Stahls berechnen. Die grösste Verschiedenheit derselben von der am Ende der dritten Minute direct beobachteten, wurde nur zu 0,1 Theil des Thermometers oder etwa 0^0,01 C. gefunden.

Nach Verfluss der siebenten Minute ist ganz sicher das Temperaturgleichgewicht zwischen Stahl, umgebender Flüssigkeit, Calorimeter und Thermometer eingetreten. Die Beobachtung in den Minuten 7 bis 10 lehrt das Gesetz der Aenderung des Calorimeters mit seinem Inhalt von Flüssigkeit und Stahl kennen. Mit Hülfe des Newton'schen Abkühlungsgesetzes lässt sich dann berechnen, welche Aenderung der Temperatur in jeder einzelnen Minute durch den Einfluss der äussern Umgebung bewirkt worden und also auch finden, was die Temperatur durch die Vermischung der ungleich warmen Körper geworden wäre, wenn die äussere Umgebung durch Strahlung und Leitung keinen Einfluss geäussert hätte. Die Correktur, welche an der Beobachtungszahl, die am Ende der siebenten Minute gefunden ist, angebracht werden muss, um die Temperatur zu kennen, welche das Gemische angenommen hätte, wenn der fremde Einfluss Null gewesen wäre,

beträgt höchstens 0,6 Theile des Thermometers oder etwa 0^0,06 C.

Das Gewicht des Stahlcylinders sei P (es wurden zwei Stahlcylinder angewendet; der eine wog 467,1042 Gr., der andre 394,9370 Gr.), das specifische Gewicht des Stahls sei C, seine Temperaturänderung ϑ (sie ist in Graden der Celsius'schen Skala ausgedrückt durch die corrigirte Temperatur des Gemisches am Ende der siebenten Minute.)

Der calorische Werth (in Wassergewicht) des Calorimeters, Rührers und Thermometers sei A; er wird berechnet aus den Gewichten der genannten Theile und aus ihren, den physikalischen Tabellen entlehnten, specifischen Wärmen.

Das Gewicht der im Calorimeter enthaltenen Flüssigkeit sei M, δ ihre Temperaturänderung. Diese ist gleich der Differenz aus der Temperatur im Moment des Eintauchens und der corrigirten am Ende der siebenten Minute. δ ist auch die Temperaturänderung des Calorimeters, Rührers und Thermometers.

Bezeichnet man noch mit s die specifische Wärme der Flüssigkeit, so hat man die Gleichung

$$Pc\vartheta = A\delta + Ms\delta$$

worin nur s unbekannt ist.

Die specifische Wärme des Stahls wurde durch einige Versuche ermittelt, bei denen das Calorimeter destillirtes Wasser enthielt. Sollte der Werth von c mit der grössten Genauigkeit gefunden werden, so müsste man überzeugt sein, dass die Temperatur des Stahls im Moment seines Eintauchens in die Flüssigkeit nicht im Geringsten von Null verschieden sei und man müsste mit aller Exactheit den calorischen Werth des Calorimeters und was dazu gehört, kennen. — Strenggenommen wird keine dieser Bedingungen erfüllt sein, denn die Wärmecapacitäten des Messings, Glases und Quecksilbers der Tabellen, die zur Berechnung des calorischen Werthes benutzt wurden, können etwas verschieden sein von den entsprechenden Werthen des zur Verwendung gekommenen Messings, Glases und Quecksilbers. Dient aber der, durch diese Versuche gefundene Werth der specifischen Wärme des Stahls bei der Berechnung ganz ähnlicher Versuche mit demselben festen Material, aber einer andern Flüssigkeit, zur Bestimmung der Wärmecapacität dieser Flüssigkeit, so wird in derem Werth keiner oder nur ein verschwindend kleiner Irrthum auftreten, wenn etwa ein kleiner Fehler im Werthe der specifischen Wärme des Stahls liegt.

Die äussersten Grenzwerthe von C, wie sie die Versuche ergaben, sind: $C = 0{,}11059$ und $C = 0{,}10982$. Als wahr-

scheinlichster Werth von C wurde 0,11023 bei der Berechnung der Versuche mit Gasteiner Wasser gewonnen [1]). Die Versuche zur Ermittelung des Werthes von C würden mit zwei Stahlcylindern verschiedener Grösse, aber aus derselben Masse gedreht, angestellt. Auch bei den Versuchen mit Gasteiner Wasser wurden beide Cylinder benutzt.

Eine der Beobachtungen möge hier vollständig Platz finden. Die Temperaturen sind nach der willkürlichen Theilung des Thermometers ausgedrückt, wenn nicht das Zeichen ^{0} beigesetzt.

Versuch Nro. 3.

Nullpunkt des Thermometers: 143,0.

Calorischer Werth des Calorimeters: A = 5,720 Gr.

Gewicht des angewend. Gasteiner Wassers: M = 215,171 Gr.

Gewicht des angewendet. Stahlcylinders (I): P = 467,1042 Gr.

Aenderung durch äussern Einfluss.	Zeit.	Temp.		Temperatur der Umgebung.
	0′	372,9		350,6
in 3′ — 1,2	1′	372,6		
in $^1/_4$′ — 0,1	2′	372,1		
	3′	371,7	$\vartheta = 371,6 = 23^0,670$	Aenderung durch äussern Einfluss.
Eintauchen: $^1/_4$′			. . . . .	+ 9,06
	4′	331,0	. . . . .	+ 0,08
	5′	328,9	. . . . .	+ 0,10
	6′	328,7	. . . . .	+ 0,10
	7′	328,8	$\tau = 328,46 = 19^0,203$	+ 0,34
in 3′ + 0,3	8′	328,9		
1′ + 0,1	9′	329,0		
	10′	329,1	$\delta = 4^0,467$	

Hieraus berechnet sich s = 1,0021.

Vier solcher Versuche gaben für s die Werthe:

1,0021
1,0015
0,9963
1,0048

woraus der Mittelwerth s = 1,0012.

Dieser Werth für die specifische Wärme des Gasteiner Wassers, weicht nicht mehr von jenem für reines, destillirtes Wasser ab, als bei dem Grade der Exactheit dieser Versuche erwartet werden darf, und berechtigt zu dem Schlusse:

Die specifische Wärme des Gasteiner Wassers ist nicht merklich verschieden von jener des reinen destillirten Wassers.

[1]) Diese Werthe von C stimmen nahezu mit Regnault's Angabe 0,1123 für die specifische Wärme des Eisens überein.

Der geschlechtsreife Zustand der Trichina spiralis.

Eine vorläufige Mittheilung

von

Dr. **Rud. Leuckart.**

Vor einigen Monaten berichtete ich an meinen Freund Professor van Beneden in Löwen über ein helminthologisches Experiment, das den schon von Meissner, Küchenmeister u. A. vermutheten Zusammenhang der Trichina mit Trichocephalus zu bestätigen schien. Ich verfütterte nämlich an ein junges Schweinchen eine Quantität trichinisirten Fleisches, das ich der Freundlichkeit des Herrn Prof. Nasse in Marburg zu verdanken hatte, und fand bei der vier Wochen später vorgenommenen Section im Dickdarm eine ganz ansehnliche Menge von Trichocephalus dispar, vielleicht 30—40 Stück, die theils schon völlig geschlechtsreif waren, theils dicht vor der Geschlechtsreife standen.

Herr Prof. van Beneden theilte das Resultat dieses Experimentes an Herrn Milne Edwards mit, und dieser legte auf dasselbe ein so grosses Gewicht, dass er es in der Pariser Akademie der Wissenschaften einer kurzen Erwähnung werth hielt [1]).

Kurze Zeit darauf wurde gleichfalls in der Pariser Akademie ein Brief von Prof. Virchow verlesen, in welchem dieser angiebt, in dem Darme eines mit Trichina gefütterten Hundes vier Tage später eine Unzahl kleiner freier Würmchen gefunden zu haben, die offenbar geschlechtsreife oder doch wenigstens in Geschlechtsentwicklung begriffene Trichinen gewesen seien. Ueber das Endziel der Entwicklung dieser Würmchen

[1]) In dieser Mittheilung heisst es irriger Weise, dass ich den Trichocephalus „zu Tausenden" im Schweinedarm gefunden. Ich hatte an Herrn van Beneden nur von „Dutzenden" geschrieben, was von diesem offenbar, einem gebornen Flamländer, missverstanden wurde.

blieb der Beobachter in Zweifel, er hält es nicht geradezu für unmöglich, dass dieselben zu Trichocephalus würden, scheint aber doch mehr geneigt, eine Beziehung zu Strongylus anzunehmen.

Ich muss gestehen, dass ich beim Lesen dieses Briefes an einen Irrthum von Virchow's Seite dachte, zumal es nach allen unsern bisherigen Erfahrungen unerhört war, dass ein früher geschlechtsloser Wurm (denn dies ist die Trichina, obwohl bereits die Anlage eines Geschlechtsorganes vorhanden) schon am vierten Tage nach der Importation „in voller Eientwicklung begriffen sei".

Aber um so mehr muss ich mich beeilen, diesen Verdacht als einen unbegründeten zurückzunehmen.

Nach meinen gegenwärtigen Untersuchungen leidet es keinen Zweifel, dass Virchow in vollem Rechte ist. Die Trichina spiralis wird im Hundedarme und zwar schon in kürzester Frist geschlechtsreif — jedoch ohne sich in irgend einen früher schon bekannten Spulwurm zu verwandeln.

Im Laufe der vergangenen Woche erhielt ich von Herrn Prof. Welcker in Halle eine ansehnliche Menge stark trichinisirten Menschenfleisches. Ich verfütterte dasselbe an eine Anzahl junger Hunde und zwei Schweinchen und untersuchte von den Hunden einen am vierten und einen am siebenten Tage nach der Importation. In beiden fand ich eine Unsumme freier Trichinen, im ersten Falle noch untermischt mit eingekapselten Exemplaren. Die freien Trichinen waren gewachsen; sie erreichten im zweiten Hunde zum Theil einen Längendurchmesser von 3 Mm. und waren, im letztern wenigstens, sämmtlich geschlechtsreif.

Da ich hier nicht eine vollständige Darstellung meiner Beobachtungen beabsichtige, wird es genügen, über diese geschlechtsreifen Trichinen Einiges zu bemerken.

Die weiblichen Trichinen waren in übergrosser Mehrzahl vorhanden, so dass ihrer vielleicht 40 auf ein einziges Männchen kamen. Sie fanden sich zwischen den Darmzotten, wie im Darmschleime und auch im Kothe, in dem Dickdarm, dem Blinddarm und der zweiten Hälfte des Dünndarms, besonders an den erstern Orten, in so grosser Menge, dass ein etwa linsengrosses Quantum Schleim oder Schleimhaut deren durchschnittlich etwa 6—10 Stück enthielt.

Unter den Organen des weiblichen Körpers ist der Fruchthälter bei weitem das ansehnlichste. Es ist ein einfacher, sehr dicker Kanal, der in der hintern Hälfte fast den ganzen

Raum der Leibeshöhle einnimmt und sich mit einem engern Halse auf der hinteren Grenze des vordern Körperviertheils öffnet. Der Inhalt des Fruchthälters besteht aus Eiern von verhältnissmässig sehr ansehnlicher Grösse, die alle Stadien der Furchung und Embryonenbildung zeigen. Die weiblichen Trichinen sind vivipare Nematoden, deren Embryonen eine unverhältnissmässige Länge besitzen. Die Zahl der Eier und Embryonen ist in den grössten Exemplaren — kleinere sind meist noch ohne Embryonen — immerhin auf Hundert und darüber zu veranschlagen.

Von diesem Fruchthälter und der Grösse abgesehen, sind die geschlechtsreifen Trichinen in Nichts von der bekannten Trichina spiralis verschieden.

Die männlichen Trichinen bleiben an Grösse hinter den Weibchen zurück und messen nur selten mehr, als 2 Mm. Die Verkürzung kommt namentlich auf Kosten der hintern Körperhälfte, vom Anfang des Chylusmagens an, auf denjenigen Abschnitt, der neben dem Magen auch noch den Hoden, einen gleichfalls einfachen Schlauch, mit zahllosen äusserst kleinen Samenkörperchen (die auch in dem Genitalschlauche der Weibchen nachgewiesen werden konnten) einschliesst. Die Mündung des Hodens ist an der Hinterleibsspitze, dicht vor dem After. Eine Einrollung dieser Spitze fehlt, dagegen aber ist dieselbe durch Anwesenheit von zwei kurzen conischen Zäpfchen ausgezeichnet, die zu den Seiten der Geschlechtsöffnung stehen und ganz an die den Helminthologen bekannte Bildung des Gen. Protecosacter erinnern. Spiculae sind, wenn überhaupt vorhanden, von ausserordentlich zarter Beschaffenheit.

Die beobachteten Trichinen sind, wie der Augenschein lehrt (besonders die Anwesenheit von Embryonen in den Weibchen), ausgewachsen. Sie sind, darüber kann kein Zweifel sein, ohne weitere Metamorphose (in Trichocephalus oder Strongylus u. dergl.)

Trotz der Unsumme, in der dieselben bei den Versuchsthieren vorkommen und auch sonst wohl vorkommen mögen, sind diese Nematoden bisher den Helminthologen entgangen. Wir dürfen für sie wohl den Genusnamen Trichina behalten, obwohl der Beiname „spiralis“ für das entwickelte Thier nicht recht passen will.

Wie der Mensch mit den Embryonen unserer Trichina sich inficirt, will ich hier nicht im Detail ausmalen. Dass er es thut, dass er seine Trichina, wie den Echinococcus, von dem Hunde bezieht, darüber dürfte kaum noch ein Zweifel möglich sein. Ich will übrigens beiläufig bemerken, dass ich,

vielleicht zum Ueberflusse, auch in dieser Richtung ein Experiment eingeleitet habe, indem ich den Darm des letzten Hundes mit Inhalt an ein junges Schwein verfütterte. Wir wissen, dass die Trichina im eingekapselten Zustande auch beim Schwein vorkommt; es steht also zu erwarten, dass das Experiment glückt.

Unter solchen Umständen finde ich dann vielleicht Gelegenheit, den Lesern dieses Archives bald ein Weiteres über unsere Trichina mitzutheilen.

Ein dritter Hund, der zwölf Tage nach der Fütterung untersucht wurde, zeigte nur noch einige wenige Trichinen, die sich von den frühern in Nichts unterschieden. Sie fanden sich ausschliesslich im Dickdarm — ein Umstand, der fast den Glauben erweckt, dass die geschlechtsreife Trichina, so massenhaft sie auch anfänglich vorkommt, doch nur eine kurze Zeit bei ihrem Wirthen ausdauert. So würde es sich auch erklären, dass ich bei frühern Experimenten in den einige Wochen nach der Fütterung untersuchten Thieren nie eine Spur von Trichina antraf.

Die gefütterten Schweinchen sind noch am Leben und haben inzwischen zu anderweitigen Experimenten gedient. Ihr Koth enthielt (am sechsten Tage nach der Fütterung) keine Trichinen.

Giessen, den 1. Februar 1860.

Ueber Muskelbewegungen beim Menschen.

Von **Baierlacher.**

Zu den mannichfachen Bereicherungen, welche die Lehre von der Muskelbewegung in den letzten Jahren erfahren hat, gehört auch die Beobachtung des Physiologen Schiff in Bern, dass wellenförmige, sich continuirlich fortpflanzende und wieder nach der Ursprungsstelle zurückkehrende Bewegungen an nackten Muskeln eben getödteter Thiere entstehen, wenn diese Muskeln mittelst galvanischer Reize rechtwinklich zu ihrem Fasernverlauf bestrichen werden. (Moleschott, Studien etc. I, 84). Schiff fand bei näherer Ausführung seiner Beobachtung unter Anderm, dass ein gewisser Grad von Lebensschwäche der Muskeln diese Erscheinung deutlicher hervortreten lasse und dass man daher nach dem Tode der Thiere etwas warten müsse, um sie zu erzeugen. Dennoch sprach Schiff schon damals die Vermuthung aus, dass bei der Contraktion der Muskeln überhaupt derselbe Vorgang, nur schneller, stattfinde.

Später[1]) hat Schiff dieses Phänomen weiter bearbeitet und gleichsam höher zu verwerthen gesucht, indem er es ausdrücklich jeder Bewegung zu Grunde legt und die peristaltische Bewegung der glatten Muskeln für ein Analogon desselben erklärt. Er nennt es idiomuskulare Bewegung in strengem Gegensatze zu der von den Nerven abhängigen neuromuskularen, welche ihrerseits schon erloschen sein kann durch Tod, Durchschneidung, constante Galvanisirung oder Narkose der Muskelnerven, während doch der betreffende Muskel noch längere Zeit der idiomuskularen Bewegung fähig bleibt (p. 21). Gleichwohl sei die idiomuskulare Contraktion das Grundphänomen, indem auch die neuromuskulare und galvanische auf einer successiven wellenförmigen Zusammenziehung beruhen, die aber zu rasch vor sich gehe, um gesehen werden zu können.

---

[1]) in seinem Lehrbuch der Physiologie Heft I.

Diesen Folgerungen, welche Schiff aus seinen Beobachtungen zieht, pflichtete Wundt keineswegs bei. Im Anhang zu einer grösseren, etwas später erschienenen Arbeit über Muskelbewegung zieht dieser die ganze Erscheinung der sog. idiomuskularen Contraktion in Zweifel, jedenfalls in der von Schiff angenommenen Ausdehnung. Wundt bestreitet schon überhaupt, dass auf rein mechanische Reizung eine Contraktion der Muskelfaser stattfinden könne und bestreitet demgemäss auch die strenge Richtigkeit der Beobachtung von Schiff, dass noch Contraktion zu Stande komme, wenn der Muskelnerv schon todt sei für galvanische Reizung.

Wundt hält die beschriebene Erscheinung „höchstens für eine lokal beschränkte gewöhnliche Zuckung von sehr langsamem Verlauf (p. 239), bei deren Zustandekommen wenigstens die kleineren Nerven noch reizbar gewesen sein könnten", — wenn nicht Schiff sich in der Beobachtung überhaupt getäuscht und eine mit dem Instrument ertheilte mechanische Bewegung, den Einfluss der Luft auf den blosliegenden Muskel oder eine Gerinnung, wie sie bei der Einwirkung von Chloroform und andern Chemikalien auf den Muskel stattfinde, für eine Contraktion genommen habe!

Dem entsprechend und in gedrungener Kürze hat auch Ludwig in der neuen Auflage seines Lehrbuchs der Physiologie die Sache aufgefasst. Zu der Annahme (p. 444), dass lokale Reize nur dadurch wirken, dass sie die Nerven innerhalb der Muskeln treffen, fügt Ludwig bezüglich der Versuche von Schiff blos bei, „dass diese lokale Reize auch eine besondere örtliche, der Ausbreitung des Drucks entsprechende Contraktion erzeugen können". Später bemerkt Ludwig, dass er den Muskeln eine besondere Irritabilität nicht zutheilen könne.

Der Verfasser dieses fühlt keine Neigung, solche widersprechende Ansichten kritisch entscheiden zu wollen. Er erinnert daran, dass das Bezeichnende und Eigenthümliche der von Schiff beobachteten Erscheinung, die wellenförmige Fortpflanzung und Wiederkehr der Bewegung bei den gewöhnlichen Contraktionen des Muskels ausfällt. Dies macht jene frappant und bemerkenswerth, welcher Erklärung und möglichen Theorie darüber man auch beipflichten mag. Schon 1843 wurden von Remak ähnliche Bewegungen beobachtet, als Er an einem getödteten und sofort geöffneten Kaninchen das Zwergfell bloslegte. (J. Müllers Archiv, 1843, 182). Im darauf folgenden Jahre machte ich bei der Percussion eines abgemagerten noch muskulösen Brustkranken folgende gelegentliche Beobachtungen,

die ich seither öfter wiederholt und zuletzt bei einer Reihe von Personen bestätigt habe:

Wenn man bei einem magern Erwachsenen die Haut über den Rückenmuskeln anschlägt, z. B. durch ein kurzes, etwas starkes Klopfen über dem Latissimus dorsi oder Cucullaris mittelst der Fingerspitze, so erfolgt eine eigenthümliche Contraction des darunter liegenden Muskelbündels. An der angeschlagenen Stelle entsteht eine Vertiefung, während beiderseits derselben je eine Welle sich erhebt und blitzschnell bis zum Ende des Muskelbündels sich fortsetzt, rückkehrt und abermals eine schwächere Schwingung macht, während die Vertiefung wieder verschwindet.

Diese Erscheinung ist an den genannten Muskeln am deutlichsten wahrzunehmen, besonders wenn gute Beleuchtung und Betrachten von der Seite stattfinden. Sie kömmt jedoch auch bei allen übrigen grösseren Muskeln des Körpers zu Stande und bei einiger Uebung und bei geeigneten Subjecten mit dünner Fettlage unter der Haut sieht man an den Brustmuskeln, den Deltoideis, den Oberarm-, Oberschenkel- und Wadenmuskeln dieselbe Bewegung sich bilden. Sie beschränkt sich stets auf den unterhalb der getroffenen Stelle liegenden Muskeltheil. Bei öfterer Wiederholung der Reizung nehmen die Contraktionen desselben Muskels an Deutlichkeit ab. Bei geschwächten Kranken, magern Brustleidenden z. B., scheinen die Wellen einen langsameren Verlauf zu machen und sind daher auch hier bei meistens dünner fettarmer Haut leichter zu finden und zu verfolgen. Auch schon ein stärkeres Ueberstreichen der Oberhaut bringt hier oft eine Wellenbewegung der darunter liegenden Muskeln in breiter Lage hervor.

Hier liegt also eine allgemeine Eigenschaft aller animalen Muskeln während ihres Lebens vor, welche energisch genug ist, noch durch sichtbares Heben und Senken der aufliegenden elastischen Oberhaut sich zu äussern. Man darf es auffallend finden, dass eine an Lebenden mit blossen Augen sichtbare Bewegung nicht seither schon bemerkt worden ist und besonders bei der seit zwanzig Jahren allseitig geübten Percussion der Beobachtung entgehen konnte. Einigermassen erklärt sich diess vielleicht durch den früheren Zustand der Lehre von der Muskelbewegung überhaupt. Ihre Abhängigkeit von den motorischen Nerven war fast allgemeine Annahme. J. Müller hatte sich gegen Haller's Lehre, wenigstens in ihren weiteren Folgerungen, ausgesprochen und sie in die Geschichte der Physiologie verwiesen (Handb. der Physiol. II, 37). Henle hielt an der Betheiligung der Nerven bei jeder Contraction

der Muskeln ausschliesslich fest und führte Haller's Namen nicht einmal an (allgem. Anatomie, 593). Valentin zwar neigte sich der andern Ansicht schon damals (1844) zu (Lehrb. der Physiol. II, 66, 71); E. Weber hingegen in seiner bald darauf erschienenen bekannten Abhandlung über Muskelbewegung (Handwörterb. der Phys. III, 2, 8) schrieb diese wieder ganz dem Einfluss der Nerven zu und bemerkte ausdrücklich (p. 9), „dass die Muskeln bei lebenden Menschen und Thieren, so lange sie von der Haut bedeckt sind, beträchtlich gestossen werden können, ohne in Contraction zu kommen."

Erst später und in den letzten Jahren ist die Haller'sche Hypothese wieder lebhafter zur Sprache gekommen und die ihr günstigen Beobachtungen fanden erst jetzt willigere und aufmerksame Beurtheilung. Hierin und in dem Wunsche, jene Versuche von Schiff zu ergänzen, dem Widerspruch, den sie gefunden haben, zu begegnen, liegt die Veranlassung für mich, meine Beobachtungen jetzt zu publiciren, statt etwa abzuwarten, bis auch Andern sich die gleiche Wahrnehmung ergeben würde.

Die Frage nach der selbständigen Reizbarkeit der Muskelfaser ist noch immer förderlich und sie müsste neuerdings gestellt werden, wenn sie nicht seit Haller vorhanden wäre.

Ueber die Elasticität der organischen Gewebe

von

Dr. **Wilh. Wundt.**

Die Elasticitätsverhältnisse der organisirten Körper sind in neuerer Zeit mehrfältig Gegenstand der Beobachtung und der Diskussion gewesen. Während es bei den starren unorganischen Körpern durch zahlreiche Erfahrungen nachgewiesen ist, dass innerhalb engerer Grenzen der Formänderungen die Dehnungen den Spannungen immer proportional sind, haben Ed. Weber [1]) und Wertheim [2]) gefunden, dass dieses Gesetz bei den organischen Geweben nicht gültig bleibt, sondern dass bei ihnen das Verhältniss der Dehnung zur Spannung mit der Zunahme der letztern immer mehr abnimmt. Theils theoretische Betrachtungen theils die nachgewiesene Vernachlässigung mehrerer wichtiger Umstände bei diesen Versuchen hatten mich dazu geführt, die Beweiskraft derselben zu bezweifeln. Abgesehen davon nämlich, dass in den gewählten Versuchsanordnungen keine Sicherheit gegeben war gegen das so leicht erfolgende Eintrocknen feuchter Gewebe, hatte man den Einfluss der bleibenden Dehnungen, gewisser physikalischer Veränderungen nach dem Tode (z. B. der Todtenstarre) nicht in Rücksicht gezogen, namentlich aber die von W. Weber zuerst näher beobachtete elastische Nachwirkung ganz ausser Acht gelassen [3]). Ausserdem war nicht berücksichtigt worden, dass theoretische Gründe die Proportionalität der Spannungen mit den Dehnungen nur innerhalb jener Grenzen der Formänderungen verlangten, innerhalb welcher man sie bei den starren unorganischen Körpern beobachtete, dass aber die Effecte von Gewichten, die man auf diese wirken liess, offenbar nicht unmittelbar mit den Effekten der gleichen Gewichte verglichen

[1]) Art. Muskelbewegung, Wagner's Handwörterb. Bd. III, Abth. 2.
[2]) Annal. de chimie et de physique, 3me sér., T. XXI, p. 385.
[3]) Pogg. Annalen, Bd. XLIV, S. 1, 1841.

werden konnten, wenn sie auf die leicht dehnbaren organischen Gewebe einwirkten [1]).

Von diesen Gesichtspunkten ausgehend untersuchte ich die Elasticität verschiedener Gewebe und kam zu dem Ergebnisse, dass, wenn man die erwähnten Vorsichtsmassregeln berücksichtigt, die Elasticität der organischen Gewebe innerhalb derselben Grenzen der Formänderungen konstant gefunden wird wie die Elasticität der starren unorganischen Körper [2]). Neuerdings hat Volkmann die Frage nochmals aufgenommen, da er einerseits die Methode meiner Versuche für ungenügend hielt, und da er anderseits die Resultate derselben nicht in hinreichender Uebereinstimmung mit dem behaupteten Gesetze zu finden glaubte. Eigene, nach neuer Methode angestellte Versuche führten ihn wieder zu den Ergebnissen von Wertheim und Weber zurück, wornach die Dehnungen bei zunehmender Spannung sich verhältnissmässig verringern, und zwar soll die gesetzmässige Abhängigkeit der Dehnungen und Spannungen von einander sich, wie dies schon Wertheim behauptet hatte, durch eine Hyperbel darstellen lassen [3]).

Ich werde zuerst die Ergebnisse Volkmann's einer Prüfung unterwerfen, und auf die an meinen Versuchen gemachten Ausstellungen eingehen, sodann werde ich diejenigen theoretischen Betrachtungen mittheilen, von denen ich bei meinen experimentellen Studien ausging, und in denen dieselben ihre theoretische Begründung finden.

Volkmann ist der Ansicht, eine Messung der primären Dehnung lasse sich bei den organischen Geweben nicht in der Weise ausführen, wie es bei starren Körper möglich ist. Wenn er damit eine absolut genaue Messung der primären Dehnung meint, so ist dies insofern richtig, als dieselbe von der elastischen Nachwirkung niemals scharf abgegrenzt ist, aber sie ist dies bei den starren Körpern ebenso wenig, wie bei den organischen Geweben. Bei beiden ist desshalb eine Messung der primären Dehnung mit hinreichender Schärfe nicht mehr möglich, wenn die Formänderung eine solche Grösse erreicht, dass die elastische Nachwirkung sehr merklich wird und in der ersten Zeit von verhältnissmässig schnellem Verlauf ist. Ich habe aber meine Elasticitätsmessungen ausdrücklich in jene Grenzen der Formänderungen eingeschränkt, innerhalb welcher sie bei den unorganischen Körpern zur Anwendung kommen,

---

[1]) Vergl. meine Lehre von der Muskelbewegung, S. 21.
[2]) a. a. O., §. 1 und 2.
[3]) Reichert's und du B.-R.'s Archiv, 1859, S. 293.

weil es sich mir zunächst um die Entscheidung der Frage handelte: ob die organischen Gewebe einem abweichenden Elasticitätsgesetz Folge leisten, ob „die Reaktion der organischen Moleküle gegen die Zugkraft ganz eigenthümlicher Art“ sei, wie Volkmann glaubt, und wie vor ihm Weber und Wertheim behaupteten, oder ob die organischen Gewebe nur jene untergeordneten Abweichungen der Elasticitätsverhältnisse zeigen, die aus ihrer besondern Struktur sich erklären, und die in der Grösse und Dauer der elastischen Nachwirkung ihren Ausdruck finden. Ohne Zweifel würde es sehr wünschenswerth sein, wenn wir zur Elasticitätsbestimmung organisirter Körper schärfere Methoden besässen als die Dehnungsversuche, aber die Bestimmung aus den Longitudinal- oder Transversalschwingungen, die bei den starren Körpern die schärfsten Ergebnisse liefert, lässt sich bei den feuchten Geweben nicht anwenden, die Methode der Torsionsschwingungen ist denselben Fehlern ausgesetzt und giebt überdies nur Mittelzahlen aus grösseren Zeiträumen; wo es sich daher um momentane Elasticitätsbestimmungen handelt, da bleiben wir immer auf die Dehnungsversuche angewiesen. Würde nun eine scharfe Messung der primären Dehnung nicht möglich sein, so wäre nicht abzusehen, wie wir überhaupt zu brauchbaren Elasticitätsbestimmungen gelangen könnten, da die Endgrösse der Dehnung jedenfalls noch sehr viel schwerer sich ermitteln lässt, und da die Untersuchung der elastischen Nachwirkung noch nicht so weit gediehen ist, dass eine Berücksichtigung derselben während ihres Verlaufes ermöglicht wäre.

Nichts desto weniger hat Volkmann geglaubt, den Einfluss der elastischen Nachwirkung ohne Weiteres in Rechnung ziehen zu können. Er misst nämlich die Dehnung in einer beliebigen, aber für sämmtliche Dehnungen gleichen Periode des Dehnungsprozesses, er untersucht also unmittelbar diejenigen Verlängerungen, welche der untersuchte Körper durch die verschiedensten Gewichte nach einem konstanten Zeitraum erfahren hat. Die Methode, mittelst welcher diese Messungen geschahen, war die graphische: das Gewebe zeichnete den Verlauf seiner Dehnung auf das Kymographion, und die Grösse der Dehnung wurde dann immer für eine und dieselbe Abscissenlänge bestimmt. Obgleich, wie gesagt, die Untersuchung der elastischen Nachwirkung noch nicht so weit gediehen ist, dass sich der Einfluss derselben irgendwie in Rechnung bringen liesse, so ergeben doch die bisher ermittelten Gesetze der elastischen Nachwirkung mit Sicherheit, dass diese von Volkmann versuchte Elimination ihres Einflusses falsch ist und

nothwendig zu ganz unvergleichbaren Messungsresultaten führen muss. Dies lehrt Jeden ein Blick auf die in Bezug auf den Verlauf der elastischen Nachwirkung gemachten empirischen Ermittlungen [1]) oder auf die von W. Weber hierauf gegründete empirische Formel [2]). Die Verlängerung x nach einer Zeit t lässt sich nämlich nach Weber aus folgender Formel berechnen

$$x = [(1 - m)\ b]^{\frac{1}{1-m}} \cdot (t + C)^{\frac{1}{1-m}}.$$

In dieser Formel sind b und m für eine und dieselbe Substanz unveränderlich, sie sind also abhängig von dem Elasticitätsmodulus des untersuchten Körpers; C dagegen erhält in jedem Dehnungsversuch andere Werthe, d. h. es ist abhängig von der Grösse der Spannungsänderung. Volkmann hat diese Constante C unberücksichtigt gelassen.

Abgesehen von diesem Grundfehler der Methode hat Volkmann in seinen Untersuchungen offenbar mehrere Umstände ausser Acht gelassen, auf die ich in meiner Muskelbewegung bereits hingewiesen habe, und deren Nichtberücksichtigung die wahre Gesetzmässigkeit sehr leicht vollständig zu verdecken im Stande ist. Will man durch die Elasticitätsuntersuchung der organisirten Körper nur einigermassen brauchbare Resultate erhalten, so ist man genöthigt eine unendlich viel grössere Vorsicht anzuwenden, als bei der Untersuchung der starren unorganischen Körper. Denn abgesehen von dem in so hohem Maasse störend sich einmischenden Einflusse der elastischen Nachwirkung und der in längern Versuchsreihen und bei manchen Geweben oft sehr grossen Veränderlichkeit des hygroskopischen Zustandes, sehen wir die meisten organisirten Körper in verhältnissmässig kurzen Zeiträumen nicht unbeträchtlichen Elasticitätsschwankungen unterworfen, die nicht immer in ihren ursächlichen Momenten sich ergründen lassen. Die beträchtlichste unter diesen Elasticitätsschwankungen ist die als Begleiterin der Todtenstarre auftretende Elasticitätszunahme der quergestreiften Muskeln, von der ich nachgewiesen habe, dass ihre ersten Spuren in verschwindend kurzer Zeit nach dem Tode hervortreten und bis zu seinem Untergang nach vollendeter Fäulniss aus dem Muskel ein ewig veränderliches Gebilde machen, das jeder Versuchsreihe durch seine steten

---

[1]) Weber, in Pogg. Ann. Bd. 34, S. 247, Bd. 54, S. 5; meine Lehre von der Muskelbew., S. 25.

[2]) Pogg. Ann. Bd. 54, S. 11.

Elasticitätsschwankungen um so mehr sich entzieht, als die Bedingungen des Versuchs, die Belastungen selber, sobald dieselben eine einigermassen erhebliche Grösse erreichen, fortwährend eine verändernde Wirkung ausüben. Die Gewebe, welche glatte Muskeln enthalten, scheinen ähnliche, wenn auch minder intensive Veränderungen nach dem Tode zu erleiden, ja nach mehreren Versuchen muss ich vermuthen, dass selbst die Nervensubstanz unmittelbar nach dem Tode einer raschen Elasticitätszunahme unterworfen ist. Es giebt kein anderes Mittel, gegen alle diese Schwankungen sich zu sichern, als am Schluss jeder Versuchsreihe zu den Anfangsbelastungen zurückzukehren, nur wenn in diesem Falle die Elasticität sich vollkommen unverändert zeigt, darf man voraussetzen, dass die Einzelversuche mit einander vergleichbar sind. Ich bin im Anfang meiner Untersuchungen genöthigt gewesen, eine Menge von Versuchstabellen unbenützt zur Seite zu legen, weil ich diese Bürgschaft der Zuverlässigkeit vernachlässigt hatte. Bei Volkmann ist nirgends die Rede davon, dass er sich von der Unveränderlichkeit der Elasticität während der Versuchsdauer überzeugt hat, er giebt nur bisweilen die am Schlusse vorhandene bleibende Dehnung an, die aber natürlich über eine etwaige Elasticitätsänderung gar nichts aussagen kann, da die Gestaltänderungen, welche am Schlusse der Versuche zurückbleiben, sowohl von etwaigen Elasticitätsveränderungen wie von den unabhängig davon eintretenden bleibenden Verschiebungen der Moleküle bedingt sein können.

Eine weitere Vorsichtsmassregel ist die, dass man sich hüte neue Formänderungen eintreten zu lassen, während das Gewebe von einer vorangegangenen Spannungsänderung her noch in elastischer Nachwirkung begriffen ist. Die unmittelbare Folgerung hieraus ist die, dass man geeignete, durch die Längenmessung des Gewebes kontrolirte, Pausen zwischen den Einzelversuchen eintreten lasse, und dass man niemals successiv belaste oder entlaste, sondern dass man bei jedem einzelnen der zu vergleichenden Dehnungsversuche von einer und derselben Länge und Spannung ausgehe. Ich habe, ausdrücklich um den Einfluss vorangegangener Spannungsänderungen zu studiren, mehrfache Versuche früher angestellt und einen davon, um von diesen Verhältnissen ein Bild zu geben, S. 25 meiner Muskelbewegung mitgetheilt. Sonderbarer Weise benützt nun Volkmann diesen Versuch, der ausdrücklich angestellt wurde, um den störenden Einfluss der elastischen Nachwirkung, welche die normale Gesetzmässigkeit ganz zu verdecken im Stande sei, zu zeigen, gegen mich, um zu beweisen, dass meine eigenen

Versuche mit dem behaupteten Gesetz der Proportionalität nicht übereinstimmen. (A. a. O. S. 312.) Einen andern Versuch hat Volkmann in ähnlicher Weise benützt (S. 310), es ist dies ein Versuchsbeispiel von einem todten Muskel (Muskelbew. S. 30), das ich angeführt hatte, um die bei todtenstarren oder faulenden Muskeln stattfindende Abweichung von dem an andern Geweben beobachteten Gesetze zu zeigen, die mich veranlasste die Untersuchung am lebenden Muskelgewebe aufzunehmen (vergl. ebend. S. 32). An einem dritten von Volkmann geltend gemachten Beispiel trägt dagegen ein Irrthum von meiner Seite die Schuld [1]). Es bleibt hiernach von den von Volkmann aufgeführten Beispielen nur ein einziges übrig: es ist der Versuch an einer Sehne, an der eine Belastung von 1 Grm. eine Verlängerung von 0,02 Millim., eine Belastung von 10 Grm. dagegen eine Verlängerung von 0,26 Millim. hervorbrachte, wo also die Differenz der aus der letztern Dehnung für die Dehnung durch 1 Grm. berechneten Grösse mit der beobachteten in die Tausendtheile eines Millimeter fällt.

Volkmann wirft meiner Messungsmethode vor, es sei gerade wegen ihrer Feinheit mittelst derselben „sicherlich nicht früher als $^1/_2$ Minute nach der Belastung, und muthmasslich viel später“ erst die Messung möglich gewesen. Volkmann hat bei diesem Vorwurf wahrscheinlich nicht erwogen, dass erstens durch die Führung des Belastungsapparates in Oel alle die Messung störenden Schwankungen aufgehoben waren, und dass ich zweitens die Messung der primären Dehnung überhaupt nur bei kleineren Belastungen ausführte, bei denen das Gewebe bei der Länge, die es im Moment der Belastung erreicht hat, verhältnissmässig lange verharrt und erst allmälig sich die elastische Nachwirkung geltend macht. Es würde also, selbst wenn, wie Volkmann voraussetzt, $^1/_2$ Minute bis zur Messung verflossen wäre, dies wahrscheinlich keinen erheblichen Fehler veranlasst haben. Ich muss aber jener Voraussetzung die einfache Erfahrung entgegenhalten, dass die Messung eine so lange Zeit bei weitem nicht in Anspruch nimmt, sondern dass dieselbe bei der beschriebenen Methode stets innerhalb der ersten Sekunden nach der Belastung ausführbar ist, wo bei den angewandten Gewichten

[1]) Es ist der Versuch an einer Vene, S. 26. In der dritten Kolumne dieser Tabelle findet sich ein Additionsfehler, es ist Z. 9 v. o. statt 3,16, wie die Tabelle S. 29 richtig angiebt, 6,16 zugezählt, in der vierten Kolumne ebend. ist 3,36 gedruckt statt 3,16. Damit hebt sich der Widerspruch zwischen den Tabellen S. 26 und S. 29 und zugleich der von Volkmann gerügte Widerspruch mit dem behaupteten Gesetze.

meistens die elastische Nachwirkung geradezu als Null betrachtet werden kann. Eine wie kurze Zeit die Messung in der That in Anspruch nahm, geht insbesondere aus andern in meinem Werk (S. 124 u. f.) mitgetheilten Versuchen hervor, wo die Messungsmethode dieselbe war, und wo es meistentheils mir möglich wurde, die Höhe einer einfachen Zuckung zu messen.

Arbeitet man mit grösseren Belastungen, so wird allerdings die Bestimmung der primären Dehnung misslich, weil nun die Nachwirkung sehr beträchtlich wird und im Anfang sehr rasch verläuft. Aber die Wirkung grösserer Belastungen habe ich bei meinen Untersuchungen überhaupt nicht mehr in Betracht gezogen, da dieselben, wenn es sich um eine Vergleichung des Elasticitätsgesetzes der organisirten Körper mit demjenigen der starren Körper handelt, nicht mehr in Rücksicht fallen, und da bei der Benützung der elastischen Eigenschaften zur Ermittlung der Molekularänderungen der Gewebe in verschiedenen Zuständen viele Ursachen die Beschränkung auf kleine Belastungen ebenfalls nothwendig machen [1]). Volkmann hat nun hierauf gar keine Rücksicht genommen; trotzdem ich den Nachweis geliefert hatte, dass jede grössere Belastung namentlich beim Muskelgewebe in kurzer Zeit die Elasticität dauernd zu verändern im Stande ist, hat er in seinen neuesten Versuchen wieder Gewichte bis zu 60 Grammen angewandt, ohne eine Probe über das Constantbleiben der Elasticität anzustellen; trotzdem ich darauf hingewiesen hatte, dass es sich bei der Vergleichung des Elasticitätsgesetzes nur um Versuche handeln könne, in welchen annähernd dieselben Grenzen der Formänderungen in Anwendung gesetzt worden seien, innerhalb welcher die Proportionalität der Dehnungen mit den Spannungen bei den starren Körpern gültig sei, zieht Volkmann aus Versuchen, in denen weit beträchtlichere Verlängerungen der Gewebe stattfanden, als jemals bei der Untersuchung starrer Körper geschieht, den Schluss, dass das Elasticitätsgesetz der organischen Gewebe von demjenigen der unorganischen Körper wesentlich verschieden sei, und er wird so zu der unklaren Vorstellung einer spezifischen Resistenz der organischen Moleküle gegen die Druck- und Zugkraft geführt Der Ausdruck dieser spezifischen Verschiedenheit soll in dem Gesetz der Hyperbel enthalten sein. Aber die Versuche Volkmann's fügen sich nicht einmal alle diesem Gesetze, bei den Muskeln wird die zweite Constante der Curvengleichung nicht positiv,

[1]) Vergl. meine Lehre von der Muskelbewegung, S. 40.

wie es die Hyperbel verlangt, sondern negativ: „ein Beweis", wie Volkmann sagt, „dass man es hier nicht mit Hyperbeln sondern mit Ellipsen zu thun habe", d. h. bei fortgesetzter Belastung würden die Muskeln schliesslich sich verkürzen statt sich zu verlängern! —

Ein Blick auf die von mir in meinem Werk über Muskelbewegung mitgetheilten Versuche zeigt, dass die Dehnungen organischer Gewebe innerhalb derselben Grenzen der Formänderung den verlängernden Gewichten annähernd proportional sind wie die Dehnungen starrer unorganischer Körper. Ich werde, um dies nachzuweisen, einige meiner Versuche mit Versuchen Wertheim's an Metalldrähten zusammenstellen; ich nehme hierzu die vier Versuche von verschiedenen Geweben, die ich S. 30 meiner Schrift mitgetheilt habe und berechne darin die Verlängerungen für 1 Meter Länge und die Gewichte auf 1 Quadratmillimeter Querschnitt, um sie mit den Versuchen Wertheim's vollkommen vergleichbar zu machen; zugleich bemerke ich, dass, wie schon weiter oben gesagt wurde, im vierten Versuch die Uebereinstimmung mit dem behaupteten Gesetz wegen der Todtenstarre des Muskels ungenügend ist. Von Wertheim wähle ich vier Versuche, von denen die zwei ersten an Körpern von sehr vollkommener Elasticität, die zwei letzten an Körpern von minder vollkommener Elasticität angestellt sind. In den folgenden Tabellen stehen in der ersten Columne P die Belastungen für 1 Quadratmillim. Querschnitt, in der zweiten Columne L die beobachteten Verlängerungen für 1 Meter Länge. Unter L′ sind dagegen diejenigen Dehnungen verzeichnet, welche sich ergeben, wenn man das Mittel der kleinsten und grössten Verlängerung nimmt und daraus unter Voraussetzung der Proportionalität der Dehnungen mit den Gewichten die Verlängerungen berechnet. In der letzten Columne sind endlich die Quotienten $\frac{L}{L'}$, durch welche die Abweichung von dem fraglichen Gesetze gemessen wird, aufgeführt.

Versuche an organischen Geweben.

1. Sehne.

P	L	L′	$\frac{L}{L'}$
0,533	0,319	0,367	0,869
1,066	0,638	0,734	0,869
2,665	1,916	1,835	1,044
5,330	4,153	3,671	1,131

2. Nerv.

P	L	L′	$\frac{L}{L'}$
0,710	0,716	0,716	1
1,420	1,498	1,432	1,046
3,550	3,615	3,581	1,009
7,100	7,166	7,163	1,0004

3. Arterie.

P	L	L′	$\frac{L}{L'}$
0,236	3,260	3,450	0,944
0,472	6,630	6,900	0,960
1,180	17,391	17,250	1,008
2,360	36,413	34,506	1,055

4. Muskel.

P	L	L′	$\frac{L}{L'}$
0,325	1,212	1,090	1,111
0,650	2,141	2,180	0,908
1,625	6,505	5,451	1,193
3,250	9,696	10,903	0,889

Versuche an Metalldrähten[1]).

1. Kupfer.

P	L	L′	$\frac{L}{L'}$
400	0,292	0,302	0,966
800	0,660	0,604	1,092
1200	0,997	0,906	1,100
1600	1,282	1,208	1,061
2000	1,562	1,510	1,034

2. Eisen.

P	L	L′	$\frac{L}{L'}$
500	0,273	0,257	1,062
1000	0,441	0,514	0,857
1500	0,753	0,771	0,976
2000	0,987	1,028	0,960
3000	1,445	1,546	0,940

[1]) Vergl. Wertheim, ann. de chem. et de phys., 3. sér., t. XII, p. 420, 424, 414 und 415.

3. Gold.

P	L	L′	$\frac{L}{L'}$
400	0,469	0,586	0,800
600	0,910	0,879	1,035
800	1,323	1,172	1,128
1050	1,848	1,539	1,200

4. Silber.

P	L	L′	$\frac{L}{L'}$
100	0,075	0,104	0,721
200	0,302	0,208	1,019
400	0,483	0,416	1,161
800	0,966	0,832	1,161
1600	2,144	1,664	1,288
2000	2,673	2,086	1,281

Die hier gewählten Versuche an Metalldrähten sind solche, die dem Hervortreten des Gesetzes der Proportionalität noch günstig sind. Man wird sich bei der Durchsicht der Wertheim'schen Tabellen überzeugen, dass viele andere Metalle weit ungünstigere Ergebnisse liefern. Ferner halten sich die mitgetheilten Versuche an Metalldrähten grösstentheils immer noch innerhalb weit engerer Grenzen der Formänderung als die Versuche an organischen Geweben. Berücksichtigt man dies, so wird man die Uebereinstimmung der Versuchsresultate an den letztern mit dem an den unorganischen Körpern aufgefundenen Gesetze so gross finden, als sich nur erwarten lässt.

Es bleibt mir jetzt noch übrig, den Beweis dafür zu liefern, dass nur bei der Einschränkung in engere Grenzen der Formänderung die Proportionalität der Dehnungen mit den Spannungen bei organisirten wie bei unorganischen Körpern vorauszusetzen ist, und dass nur Untersuchungen, die auf dieselben Grenzen der Formänderungen sich beschränken, unter sich vergleichbar sind.

Man nehme an, die Distanz zweier isolirter Punkte m und m′, die sehr nahe bei einander gelegen sind, sei $= \varrho$. Die zwischen den Punkten m und m′ wirksame elastische Kraft ist eine Funktion dieses Abstandes, von der nur bekannt ist, dass sie $= 0$ wird, wenn die Distanz ϱ eine gewisse sehr kleine Grösse überschreitet, oder wenn keine äussere Kraft auf den Körper einwirkt. Wird aber durch eine der elastischen ent-

gegengesetzt wirkende Kraft — p der Abstand ϱ um e vergrössert, so drückt die Gleichung

$$f(\varrho + e) = - p,$$

worin f das Zeichen einer unbekannten Funktion bedeutet, die Gleichgewichtsbedingung zwischen der elastischen Kraft der Punkte m, m' und der äusseren Kraft aus. Die linke Seite dieser Gleichung lässt sich nach dem Taylor'schen Theorem in folgende Reihe entwickeln:

$$f\varrho + ef'\varrho + \frac{e^2}{2} f''\varrho + \frac{e^3}{6} f'''\varrho + \ldots\ldots = - p,$$

worin $f'\varrho$, $f''\varrho$, $f'''\varrho$ .... nach einander die derivirten Funktionen erster, zweiter, dritter u. s. w. Ordnung von $f\varrho$ bezeichnen. Da für $p = 0$ auch $e = 0$ und folglich $f\varrho = 0$ ist, so geht die obige Gleichung in folgende über:

$$ef'\varrho + \frac{e^2}{2} f''\varrho + \frac{e^3}{6} f'''\varrho + \ldots\ldots = - p$$

In dieser Gleichung ist das Elasticitätsgesetz in Bezug auf zwei Punkte in seiner allgemeinsten Form enthalten. Die Gleichung ist aber nur in dem Falle linear, wenn alle Glieder der Reihe mit Ausnahme des ersten vernachlässigt werden dürfen. Eine solche Vernachlässigung ist nun, wenn die Verschiebung, welche die beiden Punkte erfahren, eine gewisse sehr kleine Grösse nicht überschreitet, in der That statthaft, da jedes sehr kleine Stück einer Curve sich als gerade Linie betrachten lässt. Die ganze Aufgabe der Elasticitätstheorie, die von dieser Annahme ausgeht, besteht daher darin, die für die Wirkung zweier isolirter Punkte gültige Gleichung

$$ef'\varrho = - p$$

auf körperliche Massen auszudehnen.

Führt man dies aus, und leitet man unter der gedachten Voraussetzung das Elasticitätsgesetz für homogene und regelmässige Körper ab, so findet man, dass dasselbe für die Dehnungsversuche gleichfalls durch eine lineare Gleichung sich ausdrücken lässt, d. h. wenn die elastische Kraft je zweier auf einander wirkender Punkte der Molecularverschiebung einfach proportional angenommen werden kann, so ist auch die Dehnung des ganzen Körpers proportional der Spannung, die er erfährt.

Wenn hingegen das erste Glied der obigen Reihe nicht genügend ist, um die elastische Kraft zwischen zwei Massen-

punkten auszudrücken, was immer geschehen wird, wenn die Molekularverschiebung eine gewisse Grenze überschreitet, so ist auch das Elasticitätsgesetz für die Dehnung des Körpers nicht linear, sondern man findet, dass dasselbe genau sich richtet nach der Anzahl der Glieder, die man von der Reihe beibehalten muss. Es lässt also dann successiv sich ausdrücken durch eine Gleichung 2ten, 3ten, 4ten .... Grades [1]). Fassen wir also z. B. den Fall in's Auge, wo das zweite Glied der Reihe noch berücksichtigt werden muss, so wird für diesen Fall das Elasticitätsgesetz ausgedrückt durch die Gleichung

$$e f' \varrho + \frac{e^2}{2} f'' \varrho = - p,$$

welcher, wenn man sie in's Quadrat erhebt, leicht die gewöhnliche Form der Hyperbelgleichung gegeben werden kann [2]).

Es geht hieraus hervor, dass man zu immer grösseren Formänderungen übergehend allerdings innerhalb gewisser Grenzen der Dehnungen ein Elasticitätsgesetz erhalten wird, das durch eine Hyperbelgleichung sich ausdrücken lässt; man hat damit nur einen speziellen Fall des allgemeinen Elasticitätsgesetzes vor sich, der gleichfalls nur innerhalb beschränkter Grenzen seine Gültigkeit behält. Wenn daher innerhalb weiterer Grenzen der Formänderungen von Wertheim und Volkmann bei organischen Geweben die Dehnungen den Spannungen nicht mehr proportional gefunden wurden, so ist dies, wie man sieht, eine Sache, die sich theoretisch sehr leicht erklärt, die aber nicht, wie jene Forscher gethan haben, auf einen spezifischen Unterschied der organischen Gewebe von den starren unorganischen Körpern, auf eine „spezifische Resistenzkraft der organischen Moleküle“ bezogen werden darf. Es ist mir niemals beigefallen zu behaupten, dass die Proportionalität der Verlängerungen mit den Gewichten bei den Geweben oder andern Körpern für jede Grösse der Molekularverschiebungen gültig bleibe, ich habe im Gegentheil mehrmals darauf hingewiesen, dass das Gesetz der Proportionalität bei den organischen Ge-

---

[1]) Die ausführlichere mathematische Begründung dieses Satzes sowie die genauere Untersuchung der Anwendung der Elasticitätsgesetze auf die organisirten Körper behalte ich mir für einen andern Ort vor.

[2]) Man erhält nämlich:

$$p^2 = (f' \varrho)^2 \cdot (e^2) + \frac{(f'' \varrho)^2}{4} \cdot (e^2)^2,$$

welche Gleichung von der Form ist

$$y^2 = ax + bx^2.$$

weben nur innerhalb jener engen Grenzen als richtig betrachtet werden darf, innerhalb deren es auch bei den starren Körpern richtig ist. Aber ich habe allerdings behauptet und bin noch jetzt der Ansicht, dass, wenn es sich darum handelt, über die Molekularzustände der Gewebe und ihre Veränderungen Aufschlüsse zu erhalten — eine Aufgabe, welche die physiologische Untersuchung sich vor Allem zu stellen hat —, vielfache Gründe, die ich mehrfach namhaft gemacht habe und deren Aufzählung ich nicht nochmals wiederholen will, die Beschränkung auf jene Grenzen nothwendig machen, innerhalb deren das Gesetz der Proportionalität sich gültig erweist.

Heidelberg, im Januar 1860.

Untersuchungen über die Verdauung der Eiweisskörper.

Nro. II.

Von

G. Meissner.

Die hier mitzutheilenden, grösstentheils in Verbindung mit dem Herrn Stud. L. Thiry angestellten Untersuchungen sollen die erste Fortsetzung bilden der im VII. Bande dieser Zeitschrift p. 1 mitgetheilten Untersuchungen über die Verdauung der Eiweisskörper durch den Magensaft.

Ich war durch die a. a. O. dargelegten Untersuchungen zu dem Ergebniss gelangt, dass nach beendigter Einwirkung von Pepsin in Verbindung mit verdünnter Salzsäure auf einen Eiweisskörper in der Lösung des letztern neben einigen nur in geringer Menge vorhandenen zum Theil noch nicht näher bestimmten organischen Substanzen, die wir vorläufig als Extractivstoffe bezeichnen können (vergl. über dieselben a. a. O. p. 12 u. f.) wesentlich zwei Körper enthalten sind, nämlich das in Wasser lösliche Pepton und ein im Wasser unlöslicher die Charaktere eines Eiweisskörpers tragender Körper, den ich vorläufig Parapepton nannte. Bei mehren Eiweisskörpern entspricht die Summe des Peptons und des Parapeptons der Menge des in Verdauung gegebenen Eiweisskörpers: über das sich anders verhaltende Casein ist eine vorläufige Mittheilung in den Berichten über die Verhandlungen der naturforschenden Gesellschaft in Freiburg 1859 zu vergleichen.

Die genauere Untersuchung über das Auftreten jenes zweiten Körpers, des Parapeptons, und über sein chemisches Verhalten wurde vorläufig nur bei dem durch Hitze coagulirten Hühnereiweiss vorgenommen, und diese Untersuchung führte unter Anderm zu dem Resultat, dass dieser im Wasser unlösliche Körper, das Parapepton, nicht etwa als ein Rest des ursprünglichen, noch nicht verdaueten Eiweisses anzusehen sei, ein

Rest, der durch Magensaft noch verdauet, d. h. löslich gemacht werden könne, auch nicht etwa als eine Vorstufe zur Bildung des löslichen Peptons, endlich auch nicht als ein etwa nachträglich aus dem Pepton entstandenes Product; sondern dass das von Anfang an in bestimmtem quantitativen Verhältniss zum Pepton auftretende Parapepton als ein zweites neben dem Pepton entstehendes Product der verdauenden Einwirkung des Magensaftes betrachtet werden müsse, welches von dem Magensafte keine weitere Veränderung mehr zu erwarten habe. Es wird somit also, wie ich mich ausdrückte, das ursprüngliche Eiweiss bei der Verdauung durch Magensaft in zwei wohl unterschiedene Körper gespalten.

Es bedarf wohl kaum der Verwahrung dagegen, als sollte in diesem Ausdruck die Bezeichnung Spaltung schon so viel bedeuten, wie Zerlegung einer chemischen Verbindung oder einen solchen Spaltungsprocess andeuten, wie etwa der bei der weinigen Gährung des Zuckers stattfindende. Ich habe Nichts der Art irgend wo ausgesprochen, und an sich schliesst jener Ausdruck noch nicht irgend eine Theorie ein, er bezeichnet nur das Factum: ein für durchweg gleichartig vorläufig gehaltener Körper, wie das Eiweiss, unterliegt der Fermentwirkung des Pepsins in Verbindung mit Salzsäure, und wir finden zwei Körper als die Producte dieser Einwirkung, welche in einem bestimmten Mengenverhältnisse entstanden sind. Es ist denkbar, dass das ursprüngliche Eiweiss eine Mischung von zwei Körpern wäre und dass in Folge einer Veränderung des einen von beiden oder beider durch die Verdauung sie sich nun leichter von einander trennen liessen. Es ist denkbar, dass das Wort Spaltung einen tieferen Sinn hätte: ich will mich, wie bemerkt, für keine von diesen beiden Ansichten, denen auch noch wohl andere vielleicht zur Auswahl hinzugefügt werden könnten, ausgesprochen haben, denn die Thatsachen sind noch nicht so weit bekannt, um diese oder jene Ansicht zu rechtfertigen, und eine Hypothese als Hülfsmittel zur Forschung ist zur Zeit hier noch nicht nothwendig.

Die erste Frage, welche nach Auffindung der berührten Thatsachen beim coagulirten Eiweiss und bei der im Allgemeinen constatirten Uebereinstimmung eines grossen Theiles der Eiweisskörper gestellt werden musste, ist die, ob sich das uncoagulirte Eiweiss in allen Punkten ebenso verhält, wie das coagulirte. Diese Frage ist rücksichtlich eines Punktes so wichtig und naheliegend, dass sie sogleich bei den ersten Untersuchungen zum Theil wenigstens beantwortet werden musste, und ich habe früher schon mitgetheilt, dass auch bei

der Verdauung des nicht coagulirten Hühnereiweisses neben dem Pepton das Parapepton auftritt; aber eine nähere Untersuchung über die Verdauung des nicht coagulirten Eiweisses wurde früher deshalb noch nicht unternommen, wenigstens nicht mitgetheilt, weil sie mit weit mehr Schwierigkeiten verknüpft ist, deren Ueberwindung erst möglich wurde, nachdem das Verhalten des coagulirten Eiweisses genauer bekannt war. Hier soll jetzt das Verhalten des uncoagulirten Eiweisses zunächst den Hauptgegenstand der Untersuchung bilden. —

Wenn man durch Hitze möglichst fest geronnenes Hühnereiweiss, fein geschnitten, bei niederer Temperatur der Einwirkung von verdünnter Salzsäure von 0,1 — 0,2 % HCl. allein (ohne Pepsin) aussetzt, so verändert sich das Eiweiss nicht, ich habe keine lösende Einwirkung beobachtet, vorausgesetzt, dass das Eiweiss durchaus möglichst fest coagulirt war. Für die Untersuchung über die Verdauung des coagulirten Eiweisses durch Magensaft braucht also nicht etwa eine Untersuchung über die Einwirkung der verdünnten Salzsäure allein vorauszugehen. Anders aber ist es mit uncoagulirtem Eiweiss; für dieses ist es durchaus nothwendig, zuerst zu untersuchen, in welcher Weise die verdünnte Salzsäure für sich allein auf dasselbe einwirkt.

Trägt man das ganze Weisse eines Hühnereies in etwa 300 bis 500 CC. Salzsäure von 0,2 % HCl., so bildet ein grosser Theil des Eiweisses anfangs durchsichtige gelbliche Membranen, die gewöhnlich gleich Vorhängen in der Flüssigkeit suspendirt sind. Schüttelt man die Mischung, so vertheilen sich diese Membranen in grössere und kleinere Fetzen, die sich allmählich weisslich trüben. Durch Filtration erhält man eine ganz klare Flüssigkeit (anfangs schnell, später sehr langsam ablaufend), welche viel Eiweiss gelöst enthält. Diese Eiweisslösung, welche also sofort sich bildet, soll hier näher betrachtet werden. Jene Fetzen lösen sich wohl bei längerem Stehen der Flüssigkeit noch zum Theil, aber der grösste Theil davon bleibt ungelöst und verhält sich ähnlich coagulirtem Eiweiss: wir sehen hier gänzlich von ihnen ab. —

Wird jene salzsaure Eiweisslösung, wie man sie möglichst rasch erhält, mit Kali- oder Natronlauge neutralisirt, so fällt in geringer Menge ein Eiweisskörper in feinen Flocken aus, von welchen eine ganz klare neutrale Flüssigkeit sich abfiltriren lässt. Je rascher man verfuhr bei Herstellung der salzsauren Lösung und bei der Neutralisation, desto geringer ist die Menge des durch Neutralisation Ausfällbaren, zuweilen erhält man nur eine Trübung. Keinesweges aber ist etwa dieses Neutralisationspräcipitat (so wollen wir diesen in Wasser un-

löslichen Eiweisskörper nennen) die ganze Menge des in salu saure Lösung gegangenen Eiweisses, im Gegentheil es ist znr ein kleiner Theil davon. In dem zweiten neutralen Filtrat ist ein im Wasser löslicher Eiweisskörper in beträchtlicherer Menge enthalten, welcher beim Erhitzen der neutralen oder mit einem Minimum Essigsäure angesäuerten Lösung coagulirt, und zwar meistens in Flocken, so dass man filtriren kann. Aus diesem dritten wiederum völlig klar zu erhaltenden Filtrat ist endlich noch durch Gerbsäure und durch Alkohol ein nicht ganz unansehnlicher Niederschlag zu erhalten, wiederum ein Eiweisskörper, welcher auch dann nicht durch Erhitzen der Lösung für sich allein oder mit dem zweiten Körper coagulirt, wenn man dieselbe schwach angesäuert hat, auch wird dieser dritte Eiweisskörper nicht durch Blutlaugensalz aus essigsaurer Lösung gefällt. — Wenn man die ursprüngliche salzsaure Eiweisslösung erhitzt, so verändert sie sich sichtbar nicht bleibt ganz klar. Wenn man aber die Säure so weit ab, stumpft, dass das Neutralisationspräcipitat eben noch in vollkommener Lösung befindlich ist, und dann erhitzt, so coagulirt sowohl der im Wasser lösliche Eiweisskörper, wie auch das Neutralisationspräcipitat, der im Wasser unlösliche Eiweisskörper, und im klaren Filtrat ist nur noch jener dritte Körper, der durch Gerbsäure und Alkohol ausgefällt werden kann. Das Neutralisationspräcipitat coagulirt beim Erhitzen auch für sich allein, wenn man dasselbe durch Neutralisation ausfällt und wieder in verdünnter Salzsäure löst, die dann vor dem Erhitzen wieder möglichst abgestumpft werden muss unbeschadet der Lösung des Körpers. Versetzt man die ursprüngliche salzsaure Eiweisslösung, abgestumpft, bis das Neutralisationspräcipitat eben noch in Lösung ist, mit absolutem Alkohol, so fallen sämmtliche Eiweisskörper heraus, das Filtrat giebt mit Gerbsäure gar keine Fällung mehr.

Wir haben also in der sofort entstehenden salzsauren (0,2 % HCl.) Eiweisslösung drei wohl unterschiedene, durch Alkohol sämmtlich fällbare Eiweisskörper oder Modificationen von Eiweiss, nämlich 1) einen in Wasser unlöslichen durch Hitze gerinnenden Körper, 2) einen in Wasser löslichen durch Hitze gerinnenden Körper und 3) einen im Wasser löslichen durch Hitze nicht gerinnenden Körper.

Bevor wir weitere Thatsachen mittheilen, welche das so eben erhaltene Ergebniss wieder vereinfachen und aufklären, mögen ein Paar Worte zur Rechtfertigung bezüglich der Unterscheidung verschiedener Eiweisskörper hier Platz finden. Worauf die Verschiedenheit, d. h. das verschiedene Verhalten

zu gewissen Reagentien und dgl. bei einer grossen Anzahl von Eiweisskörpern beruhen, ist zur Zeit noch entweder völlig unbekannt oder nur sehr unvollkommen bekannt. Ich betrachte es bei diesen Untersuchungen nicht als meine Aufgabe, den Ursachen vor Allem solcher Verschiedenheiten nachzuspüren, obwohl vielleicht diese Aufgabe für eine Anzahl Körper später könnte in den Kreis der Untersuchungen hineingezogen werden. Wenn ich daher Körper unterscheide, weil sie sich gegen gewisse Reagentien verschieden verhalten, so geschieht das zunächst nur mit Rücksicht auf die speciellen hier darzulegenden Untersuchungen, so weit es für diese nützlich und nothwendig ist, und man möge mir nicht auch schon etwa die Frage vorlegen, ob die unterschiedenen Eiweisskörper oder Eiweiss-Modificationen einer Beimischung oder Verbindung mit Salzen etwa, oder mit Alkali, oder mit Fett, ihre Verschiedenheit verdanken, oder ob diese auf verschiedener Lagerung der Atome, oder auf verschiedener Elementarzusammensetzung beruhe: auf diese Fragen bezüglich der hier unterschiedenen Eiweissmodificationen kann zur Zeit noch keine Antwort gegeben werden, und das, womit ich es hier zu thun habe, ist zunächst auch unabhängig von der Beantwortung solcher Fragen.

Von den drei oben aufgeführten in der salzsauren Eiweisslösung vorhandenen Körpern macht der als dritter aufgeführte, welcher beim Erhitzen nicht gerinnt, die kleinste Menge aus. Dieser Körper ist beiläufig bemerkt dem Pepton ähnlich, ob identisch damit, weiss ich noch nicht. Vor der Hand hat dieser Körper kein Interesse für unsere Untersuchung, und wir sehen daher von ihm für diesmal völlig ab.

Wie schon bemerkt ist in der frisch bereiteten Lösung die Menge des im Wasser unlöslichen Körpers des Neutralisationspräcipitats, gering, und bei weitem mehr beträgt die Menge des im Wasser löslichen, in der Hitze gerinnenden Körpers. Dies Verhältniss ändert sich aber, wenn man die salzsaure Lösung einige Zeit stehen lässt. Schon nach Verlauf von ein Paar Stunden lässt sich durch Neutralisation eine sehr beträchtliche Menge Eiweiss ausfällen, und nach längerem Stehen der salzsauren Lösung hat sich das Neutralisationspräcipitat so vermehrt, dass bei der Neutralisation ein dicker fast breiiger Niederschlag entsteht. Entsprechend dieser Zunahme des im Wasser unlöslichen Körpers hat der vorher in grösserer Menge vorhandene lösliche Körper abgenommen, so dass dann bald das Mengenverhältniss das Umgekehrte des ursprünglichen ist. Es verwandelt sich in der schwach salzsauren Lösung das im

Wasser lösliche Eiweiss in unlösliches. (Jener dritte vorläufig vernachlässigte Körper ist bei dieser Verwandlung nicht betheiligt.) Die Zunahme des einen, auf Kosten des andern Körpers ist so bedeutend, so augenfällig, dass es der quantitativen Bestimmungen nicht bedarf, um das Factum zu beweisen. Schlagend aber kann man sich auch in der Weise davon überzeugen, dass man, nachdem eine gewisse Menge unlösliches Eiweiss gebildet ist, dieses ausfällt durch Neutralisation, filtrirt, das neutrale Filtrat wieder schwach ansäuert mit Salzsäure, stehen lässt und nun nach einiger Zeit durch Neutralisation abermals eine Portion ausfällt. Dass das in sehr geringer Menge entstehende Chlorkalium oder Chlornatrium hierbei nicht im Spiele ist, wird sich unten ergeben. Die Umwandlung des löslichen Eiweisses in unlösliches geht leichter, rascher vor sich, wenn man die Lösung in der Wärme stehen lässt In gleicher Weise befördert eine stärkere Concentration der Salzsäure die Umwandlung; ich erhielt z. B. aus einer Lösung mit 0,2 % HCl. nach 3 Stunden 0,32 % Neutralisationspräcipitat, aus einer Lösung mit 0,4 % HCl., die übrigens genau gleich der ersten war und unter denselben Bedingungen die gleiche Zeit gestanden hatte, 0,46 % Neutralisationspräcipitat. Sobald man die Säure neutralisirt, hört die Umwandlung des löslichen Eiweisses in unlösliches auf. Es scheint also, dass der Vorgang, welcher in diesen Versuchen unter Einwirkung sehr verdünnter Salzsäure ganz allmählich stattfindet, wohl derselbe ist, welcher momentan sich vollendet, wenn man das lösliche Eiweiss durch stärkere Säuren fällt, wobei es ebenfalls im Wasser unlöslich wird. Aber auch die ganz verdünnte Salzsäure von 0,2 % vermag unter Umständen die Umwandlung des löslichen Eiweisses in unlösliches sehr rasch zu bewirken: wenn man nämlich jene salzsaure Lösung einige Male aufkocht, so bleibt zwar das Ansehen der Lösung unverändert, neutralisirt man aber nach dem Erkalten, so fällt sämmtliches Eiweiss (mit Ausnahme jenes dritten Körpers) heraus, das lösliche Eiweiss ist vollständig in unlösliches verwandelt, wenigstens kann man es durch Kochen dahin bringen, oder es blieb noch ein geringer Theil löslich zurück. Beim Stehen der Lösung in der Kälte habe ich nie gesehen, dass die Umwandlung ganz vollständig sämmtliches Eiweiss ergriff, es scheint bei jener geringen Concentration der Salzsäure dazu sehr lange Zeit erforderlich, wenn man nicht von Zeit zu Zeit neue Säuremengen hinzufügt. Geschieht letzteres nicht, so erfolgt die Umwandlung mit der Zeit immer schwächer, ein Zeichen vielleicht, dass die Salzsäure inniger dabei betheiligt ist.

Es ist nun wohl mehr als wahrscheinlich, dass im ersten Moment des Eintragens des flüssigen Eiweisses in die verdünnte Salzsäure überhaupt nur im Wasser lösliches Eiweiss in Lösung geht, und dass die kleine Menge des Neutralisationspräcipitats, welches sich aus der möglichst schnell abfiltrirten Lösung immer schon erhalten lässt (zuweilen ist sie sehr klein) schon der Einwirkung der Salzsäure ihre Entstehung verdankt.

Das durch Einwirkung der verdünnten Salzsäure entstandene im Wasser unlösliche Eiweiss, hat, mag es in der Kälte oder unter Kochen der sauren Lösung entstanden sein, seine Gerinnbarkeit durch Hitze nicht verloren. Man muss, wie schon bemerkt, die saure Lösung so weit neutralisiren, dass der Körper eben noch in Lösung ist, wenn er durch Kochen coagulirt werden soll. Was das Verhalten zu verschiedenen Reagentien betrifft, so ist zunächst noch von Interesse, dass jenes unlösliche Eiweiss aus schwach saurer Lösung durch neutrale Alkalisalze wie Chlornatrium, Chlorkalium gefällt wird, jedoch bedarf es dazu eines ansehnlichen Procentgehalts an diesen Salzen, etwa 3 bis 4 %. Ferner wird der Körper durch absoluten Alkohol zwar nicht aus der ursprünglichen sauren Lösung, aber aus der möglichst abgestumpften Lösung gefällt. Auch im Uebrigen zeigt der Körper das Verhalten gewöhnlichen Eiweisses, und es hätte kein Interesse, hier die Reactionen aufzuzählen. —

Ein Factum von sehr grosser Wichtigkeit muss aber noch zur Sprache gebracht werden, bevor wir wieder zur Verdauung zurückkehren. Das Factum ist dieses: die Gegenwart von Pepsin in der salzsauren Eiweisslösung verhindert oder verzögert die Umwandlung des im Wasser löslichen in unlösliches Eiweiss. Der Versuch, welcher dieses schlagend beweist, ist der folgende.

Ich bereitete möglichst rasch eine filtrirte Lösung von flüssigem Eiweiss in Salzsäure mit 0,2 % HCl. Diese Lösung wurde in zwei Portionen getheilt, und zu der einen Portion wurde eine geringe Menge einer concentrirten wässrigen Pepsinlösung zugefügt; die Verdünnung, die dadurch die Salzsäure erlitt, kommt gar nicht in Betracht, denn auf 200 CC. Lösung kamen etwa 5 CC. Pepsinlösung. Beide Portionen wurden nun bei etwa 50 °C. 10 Minuten lang digerirt. Als darauf eine Probe von jeder Lösung neutralisirt wurde, entstand in der, die kein Pepsin enthielt, ein sehr starker Niederschlag, der wenigstens die Hälfte des ganzen in Lösung befindlichen Eiweisses ausmachte; in der andern Probe dagegen entstand bei der Neutralisation gar kein Niederschlag oder in einem an-

dern Versuche so schwache Trübung, wie sie eben auch vor der Digestion in der Wärme zu erhalten war. Der Versuch wurde, um jeden Irrthum auszuschliessen, so angestellt, dass die beiden gleichen Proben der Lösungen gemessen waren, dann nach Zusatz von etwas Lackmustinctur zuerst die Probe ohne Pepsin aus einer Bürette neutralisirt wurde, und darauf die gleiche Menge Kalilauge zu der andern Probe hinzugefügt wurde, wobei die Farbe der Lackmustinctur noch zum Ueberfluss die Controle abgab, dass der Neutralisationsgrad in beiden Proben der gleiche war. Da aber das Kochsalz das unlösliche Eiweiss fällt, das lösliche nicht, so ist es eine noch einfachere Probe, zu beiden Lösungen concentrirte Kochsalzlösung zuzufügen, man erhält dann in der ohne Pepsin digerirten Lösung starke Fällung, in der mit Pepsin digerirten keine Spur von Fällung. Das Pepsin kommt bei diesem Versuch nicht als Verdauungsferment in Betracht, denn die Zeit von 10 Minuten, während welcher digerirt wurde, ist viel zu kurz, als dass sich in derselben schon irgend eine messbare verdauende Einwirkung geltend machen könnte; und ebenso ist, wie unten noch speciell nachgewiesen werden soll, eine niedere Temperatur so ungünstig für die Entfaltung der verdauenden Wirksamkeit des Pepsins, dass man jenen Versuch auch noch in der Kälte fortsetzen kann. Ich liess jene Lösungen, die nach kurzer Digestion in der Wärme den angegebenen auffallenden Unterschied dargeboten hatten, in der Kälte längere Zeit stehen: das Pepsin wirkte nicht verdauend, wohl aber noch fortdauernd in hohem Maasse hemmend auf die sonst in der Kälte stattfindende Wirksamkeit der Salzsäure, denn die Differenz erhielt sich lange Zeit, die Lösung mit Pepsin enthielt lauter unverdautes lösliches (also ursprüngliches) Eiweiss, die Lösung ohne Pepsin zeigte einen zunehmenden Gehalt an unlöslichem Eiweiss. Als ich nun aber zu der pepsinhaltigen Lösung etwas mehr Salzsäure hinzufügte und ein Paar Minuten in der Wärme digerirt hatte, war eine ansehnliche Menge unlöslichen Eiweisses entstanden. Ich bin nach meinen Versuchen überzeugt, dass bei diesem hemmenden Einfluss, den die Gegenwart des Pepsins ausübt auf die Wirksamkeit der verdünnten Salzsäure als solcher, bestimmte Mengenverhältnisse stattfinden, so dass für einen bestimmten Procentgehalt an Säure eine bestimmte Menge Pepsin nothwendig ist, wenn die Wirksamkeit jener auf das Eiweiss ganz gehemmt sein soll, ich bin aber noch nicht im Stande, hierüber bestimmte Angaben zu machen; um aber für Versuche einen einigermassen wenigstens nützlichen Anhaltspunkt zu geben, will ich bemerken, dass ich bei

dem am günstigsten ausgefallenen meiner Versuche das Weisse eines Eies in 250 CC. Salzsäure mit 0,2 % HCl. gelöst (so viel sich eben bei möglichst raschem Verfahren unter Coliren statt Filtriren löst) und auf 100 CC. dieser Lösung 5 bis 8 Ctgrm. eines sehr wirksamen Pepsins (lufttrocken) hinzugefügt hatte. —

Das merkwürdige eben besprochene Factum scheint sehr für die Richtigkeit der Ansicht C. Schmidt's zu sprechen, dass nämlich die Salzsäure sich mit dem Pepsin zu einer gepaarten Säure verbindet, und dass diese Chlorpepsinwasserstoffsäure dann also das unter günstigen Temperaturverhältnissen die Magenverdauung bewirkende Agens ist. Denn vor der Hand scheint sich wohl nur unter der Annahme einer solchen Paarung die Wirkungslosigkeit der verdünnten Salzsäure auf das lösliche Eiweiss bei Gegenwart von Pepsin erklären zu lassen. Das Pepsin für sich allein hat, so viel ich bis jetzt sah, keine Wirkung auf lösliches Eiweiss. —

Indem ich mich erst jetzt zu der Verdauung des Eiweisses wiederum wende, werde ich zuerst einer Frage begegnen müssen, die vielleicht beim Durchlesen des bisher Erörterten auftauchen möchte. Man könnte nämlich fragen, ob das unlösliche Eiweiss, welches durch Einwirkung verdünnter Salzsäure auf lösliches entsteht und bei der Neutralisation flockig ausgefällt wird, nicht vielleicht identisch sei mit dem Körper, den ich Parapepton genannt habe. Auch das Parapepton ist unlöslich im Wasser, wird durch Neutralisation der sauren Lösung flockig gefällt. Allerdings könnte man auf den ersten Blick geneigt sein, beide Körper für identisch zu halten, denn sie zeigen manche Aehnlichkeit, und dann würde damit zunächst auch wohl die Meinung sich verbinden, dass das Parapepton doch Nichts weiter sei, als ein Rest nicht verdauten Eiweisses, und nicht ein qualitativ besonderer Körper, der erst bei der Verdauung entstehen soll und durch die Magenverdauung nicht weiter verändert werden könne. Dem ist nun aber entschieden nicht so, jenes durch Salzsäure allein entstehende unlösliche Eiweiss, unser sog. Neutralisationspräcipitat ist keinesweges identisch mit dem Parapepton, was hier, wo wir von der elementaren Zusammensetzung beider Körper u. s. w. noch Nichts wissen, zunächst nur das bedeuten soll, dass das, was sich nach der Verdauung von Eiweiss als Parapepton ausfällen lässt, vor der Verdauung nicht vorhanden war, vielmehr erst bei der Verdauung entsteht, gleichviel ob man lösliches Eiweiss oder durch Salzsäure unlöslich gewordenes oder durch Hitze coagulirtes Eiweiss in Verdauung gab.

Was die Reactionen der beiden fraglichen Körper betrifft, so verhalten sie sich allerdings gegen eine Anzahl Reagentien in gleicher Weise, aber deshalb sind sie nicht identisch, vielmehr rührt diese Aehnlichkeit eben nur daher, dass das Parapepton, wie schon früher hervorgehoben, in seinen Eigenschaften überhaupt dem ursprünglichen Eiweisskörper noch nahe steht, viel näher, als das Pepton, und jenes aus salzsaurer Lösung fällbare Neutralisationspräcipitat ist eben unverändertes, unlöslich gewordenes Eiweiss. Wohl aber ist diese Aehnlichkeit des Verhaltens beider Körper geeignet, die Untersuchung über die Verdauung des nicht coagulirten Eiweisses sehr zu erschweren und einigermassen umständlich zu machen. Zwei Eigenschaften sind es zunächst, durch welche sich das in Wasser unlösliche Parapepton von dem ebenfalls im Wasser unlöslichen Eiweiss, wie es in der salzsauren Lösung entsteht, bei aller sonstigen Aehnlichkeit sicher unterscheiden lässt. Das Parapepton, wie es bei der Verdauung sowohl gekochten als rohen, flüssigen Eiweisses entsteht, gerinnt nicht durch Hitze, weder aus möglichst schwach saurer noch aus stärker angesäuerter Lösung, überhaupt nicht; und zweitens wird das Parapepton durch absoluten Alkohol nicht gefällt, im Gegentheil wirkt absoluter Alkohol auf das ausgefällte Parapepton sogar in geringem Maasse lösend. Jenes Neutralisationspräcipitat gerinnt, wie ich schon oben hervorgehoben habe, aus sehr schwach saurer, fast neutraler Lösung beim Erhitzen in Flocken oder Fetzen und wird aus möglichst schwach saurer Lösung durch absoluten Alkohol gefällt. Ist Parapepton in salzsaurer Lösung, stumpft man mit Kalilauge so weit ab, dass das Parapepton eben noch in Lösung ist, aber schon deutliches Opalisiren der Flüssigkeit zugegen ist, so klärt sich dieselbe beim Kochen auf; ist jenes Neutralisationspräcipitat in Lösung, so tritt bei dem nach derselben Vorbereitung vorgenommenen Erhitzen Coagulation ein. Uebrigens müssen diese Versuche alle mit Vorsicht angestellt werden und hat man z. B. die Parapeptonlösung um ein Weniges zu weit neutralisirt, so dass schon sehr feine Flocken ausfielen, so kann beim Erhitzen ein Zusammenballen dieser Flocken stattfinden und scheinbar die Fällung befördert werden, wobei möglicherweise auch ein geringer Verlust an freier Säure im Spiel ist, denn es handelt sich beim Parapepton in Bezug auf Löslichkeit in der That um die kleinsten Mengen von Säure oder Alkali. Zur vorläufigen theoretischen Unterscheidung des Parapeptons und des Neutralisationspräcipitats reichen die beiden eben genannten Merkmale vollkommen hin, die Körper müssten auf diese

Verschiedenheit hin, auch wenn sonst Nichts von ihnen bekannt wäre, auseinander gehalten werden. Praktisch hat es seine Schwierigkeiten bei der Unterscheidung, wenn etwa beide Körper in Lösung sind. Bei Versuchen über die Verdauung gekochten Eiweisses ist es leicht, zu bestimmen, wie viel und wann Alles verdauet ist, denn was in Lösung ist, das ist verdauet, d. h. ist theils Pepton, theils Parapepton. Dagegen sieht man es einer Verdauungsflüssigkeit mit rohem Eiweiss nicht an, wie viel und ob Alles verdauet ist. Denn in Lösung kann sein und ist anfangs neben Pepton und Parapepton, Producten der Verdauung, gewöhnliches in Wasser lösliches Eiweiss und vielleicht das durch Einwirkung der Salzsäure allein entstehende unlösliche Eiweiss. Dabei kann die Lösung vollkommen klar und gut filtrirbar sein, ja sie filtrirt sogar um so leichter und ist um so weniger opalisirend, je mehr unverdautes Eiweiss noch in Lösung ist. Die Schwierigkeiten, welche bei Verdauungsversuchen mit rohem Eiweiss auftreten können, werden sogleich noch besonders erörtert werden. —

Bei der Verdauung rohen, nicht gekochten Eiweisses, entsteht, wie ich schon früher angegeben habe, das Parapepton in ganz gleicher Weise und mit denselben Eigenschaften, wie bei der Verdauung gekochten Eiweisses und, wie ich nun hinzufügen kann, auch in demselben quantitativen Verhältniss, indem nämlich die Menge des Parapeptons sich zu der des Peptons nahezu wie 1:2 verhält. Um dies zu finden, muss ein Verdauungsversuch ganz beendet, alles Eiweiss verdauet sein: sehr oft ereignet es sich aber, dass dieser Zweck nicht ganz erreicht wird, indem verschiedene hindernde Umstände eintreten können, die jetzt erörtert werden müssen. —

Es ist nothwendig, zunächst solche Versuche hier zu berücksichtigen, in denen rohes Eiweiss mit künstlichem Magensaft bei niederer Temperatur digerirt wird. Wir setzen voraus, man habe rohes, nicht coagulirtes Eiweiss mit einem im Allgemeinen zweckmässig zusammengesetzten Magensaft gemischt also mit Salzsäure von 0,1 bis 0,2 % HCl. und mit etwa 5 bis 10 Mgrm. Pepsin auf je 100 CC. Flüssigkeit. (Für das Weisse eines Eies nehme ich gewöhnlich 300 bis 500 CC. Magensaft.) Die Digestion soll also, so setzen wir voraus, bei niederer Temperatur geschehen, Tages über vielleicht bei 20° C., Nachts über bei bedeutend niederer Temperatur. Untersucht man nach 18 bis 24 Stunden die Lösung (in welcher beiläufig die gleich anfangs gebildeten Eiweissflocken noch nicht gelöst zu sein pflegen), so entsteht bei Neutralisation eine Fällung; diese darf man nicht für Para-

pepton halten, die nähere Untersuchung nach oben angegebenen Gesichtspunkten ergiebt, dass der Niederschlag nur durch Salzsäure unlöslich gewordenes Eiweiss ist, und dem entsprechend findet man im neutralen Filtrat kein Pepton, sondern lösliches, durch Hitze gerinnendes Eiweiss. Es hat keine Verdauung stattgefunden, und auch bei länger fortgesetzter Digestion in der Kälte tritt erst spät und sehr langsam wirkliche Verdauung ein. Die Ursache des schlechten Erfolgs ist die niedere Temperatur, wie unten noch durch einen Versuch speciell nachgewiesen werden soll: das Pepsin in Verbindung mit Salzsäure bedarf der höheren Temperatur von 40 bis 45 °C., um seine Wirksamkeit gehörig zu entfalten, nur äusserst schwach und langsam wirkt es bei niederer Temperatur.

Wir setzen nun voraus, man habe dem Verdauungsgemisch weniger Pepsin, als soeben, hinzugefügt, etwa nur die Hälfte jener Menge, und ebenfalls bei niederer Temperatur digerirt. Untersucht man nach 18 bis 24 Stunden, so erhält man bei Neutralisation einen bedeutend stärkeren Niederschlag, als im ersten Versuch. Dies Resultat muss natürlich dann sehr auffallen, wenn man meint, der Niederschlag sei Parapepton, denn die Menge des Niederschlags kann bedeutender sein, als die Menge des bei der Verdauung entstehenden Parapeptons. Wiederum aber ist der Niederschlag nur unlösliches Eiweiss, und in der neutralen Lösung ist kein Pepton, sondern lösliches, durch Hitze gerinnendes Eiweiss. Die Ursache, weshalb in diesem Versuch mehr Neutralisationspräcipitat erhalten wird, als im ersten, ist nach dem oben Mitgetheilten bekannt: das Pepsin, welches auch in diesem Versuch als Verdauungsferment gar nicht oder sehr schwach zur Wirksamkeit kommt, hindert die Wirkung der Salzsäure auf das lösliche Eiweiss, daher entsteht da mehr unlösliches Eiweiss, wo weniger Pepsin in Lösung ist. Man erreicht dasselbe Resultat wie oben, wenn man die Salzsäuremenge vergrössert, statt die Pepsinmenge zu verkleinern. Hat man es aber gar mit unwirksamen Pepsin, wie es vielfach im Handel vorkommt, zu thun oder mit schwach wirksamen, so erhält man auch bei Zusatz von viel Pepsin die Wirkung der Salzsäure auf das lösliche Eiweiss.

In dem dritten Falle setzen wir voraus, man habe, um es recht gut zu machen, sehr viel Pepsin zu der Verdauungsmischung hinzugefügt und wiederum in der Kälte digerirt. Bei der Neutralisation erhält man entweder gar keine Fällung oder nur geringe Trübung: man könnte auf den ersten Blick meinen, hier habe Verdauung ohne Parapeptonbildung stattgefunden. Dem ist aber nicht so; Verdauung fand überhaupt

nicht oder nur sehr schwach statt, denn in der neutralen Lösung ist lauter lösliches, durch Hitze gerinnendes Eiweiss. (Immer wird hier abstrahirt von der kleinen Menge ursprünglich vorhandenen löslichen, durch Hitze nicht gerinnenden Eiweisses, vergl. oben.) Das Resultat erklärt sich sofort nach dem oben Mitgetheilten: die Menge des Pepsins war so gross, dass dasselbe die Salzsäure vollständig oder nahezu vollständig an seiner Wirksamkeit auf das lösliche Eiweiss verhinderte; es ist derselbe Versuch, den ich oben schon angegeben habe. — Ich bemerke beiläufig, dass ich diese Fälle alle nach zahlreichen eigenen Erfahrungen aufführe und man kann denken, dass derartige Fälle im Anfang, bevor die oben mitgetheilten Thatsachen gefunden waren, nicht geringe Hindernisse in den Weg legten.

Die drei eben besprochenen Fälle, bei denen Digestion in der Kälte vorausgesetzt wurde, können nun auch in höherem oder geringerem Maasse sich geltend machen bei Digestion in der Brütemaschine bei 40 bis 45 °C. Dies hat seinen Grund darin, dass auffallender Weise das im Wasser unlösliche Eiweiss langsamer, schwerer verdauet wird, als das durch Salzsäure unlöslich gewordene, ja vielleicht, doch kann das noch nicht mit Sicherheit behauptet werden, wird überhaupt nur das unlösliche Eiweiss verdauet, d. h. vielleicht muss zuvor das lösliche Eiweiss in unlösliches übergeführt sein, bevor sich die verdauende Wirksamkeit des Pepsins in Verbindung mit Salzsäure geltend machen kann.

Das erstere bestimmt ausgesprochene Resultat, dass nämlich unlösliches Eiweiss leichter, rascher verdauet, d. h. in Pepton und Parapepton verwandelt wird, als lösliches ergaben Versuche von der Art wie der folgende. Das Weisse eines Eies wurde in Salzsäure von 0,2 % HCl. gelöst, rasch filtrirt, und dann wurde das Filtrat in zwei gleiche Portionen getheilt. Die eine Portion wurde einige Male aufgekocht, so dass sämmtliches lösliche Eiweiss in unlösliches verwandelt war, wie eine Probe ergab; die andere Portion enthielt entsprechend der kurzen Zeit, während welcher die Salzsäure eingewirkt hatte, nur sehr wenig unlösliches Eiweiss. Beide Portionen wurden nun mit gleichen Mengen Pepsins bei 40 °C. digerirt, und als nach etwa 18 Stunden die vorher aufgekochte Portion vollkommen verdauet war, enthielt die andere Portion noch eine bedeutende Menge löslichen durch Hitze gerinnenden also unverdaueten Eiweisses. Entschieden also wirkt die vorbereitende Einwirkung der Salzsäure für sich auf das lösliche Eiweiss sehr fördernd für die nachfolgende verdauende Ein-

wirkung der Chlorpepsinwasserstoffsäure, und es gewinnt um so mehr an Wahrscheinlichkeit, dass überhaupt nur das vorher unlöslich gewordene Eiweiss verdauet wird, als ich mehre Male beobachtet habe, dass rohes Eiweiss gar nicht verdauet wurde, auch nicht in der Wärme, wenn ich in der Absicht, es besonders gut zu machen, sehr viel Pepsin hinzugefügt hatte: da wir wissen, dass das Pepsin jene vorbereitende Wirksamkeit der Salzsäure verhindert, so erklärt sich das eben angeführte Resultat sofort unter der Annahme, dass alle Salzsäure gleichsam mit Pepsin gesättigt war, so dass die Salzsäure für sich nicht wirken konnte und nun eben das in der ursprünglichen Modification verharrende Eiweiss nicht angegriffen werden konnte. Nicht bloss bei dem durch Salzsäure unlöslich gewordenen Eiweiss zeigte sich die bedeutendere Verdaulichkeit gegenüber dem löslichen, sondern auch bei dem durch Hitze coagulirten und unlöslich gewordenen, jedoch nicht in so ausgesprochenem Maasse, was aber wahrscheinlich nur auf Rechnung des Umstandes kommt, dass das in salzsaurer Lösung unlöslich gewordene Eiweiss in Lösung ist und in Lösung der verdauenden Einwirkung übergeben wird, während das durch Hitze coagulirte Eiweiss in immerhin dicken Stücken, also in einer bedeutend schwerer angreifbaren Form dem Magensaft dargeboten wird.

Jedenfalls dürfte sich aus dem Vorstehenden einer der Gründe und die Berechtigung dafür ergeben, dass wir die Eiweisskörper fast immer im unlöslichen Zustande geniessen, der ja meist durch die Vorbereitung des Kochens oder durch Säure herbeigeführt wird. —

Ich wende mich jetzt zu einer Anzahl von quantitativen Bestimmungen über die relative Menge des bei der Verdauung auftretenden Parapeptons. Dieselben wurden angestellt, theils um die Richtigkeit des früher schon gefundenen Mengenverhältnisses zu bestätigen, theils aber auch, um zu sehen, ob vielleicht qualitative Verschiedenheiten des künstlichen Magensaftes von Einfluss auf jenes Mengenverhältniss seien. Ich lasse die Versuche zunächst der Reihe nach folgen, um einige von ihnen nachträglich noch zu erörtern. Vorher noch folgende Bemerkung. Die directe Bestimmung der Peptonmenge ist einigermassen weitläufig, und ich konnte dieselbe in den meisten Versuchen nicht ausführen. Ausser dem Pepton und dem Parapepton sind aber noch andere organische Substanzen in der Verdauungslösung, nämlich Zucker, Fett und wahrscheinlich zwei stickstoffhaltige Körper, von denen ich früher Einiges angegeben habe. Wenn aber das Parapepton in einem

bestimmten Mengenverhältniss entsteht, so wird sich dasselbe auch kund geben, wenn die Parapeptonmenge bezogen wird auf die Gesammtmenge der in Lösung befindlichen organischen Substanz, wie es meist geschehen ist. Die Bestimmung der in Lösung befindlichen festen Substanz geschah stets nach vorheriger Neutralisation mit gemessenen Mengen von Kalilauge, woraus dann die Menge des enstehenden Chlorkaliums berechnet und in Abzug gebracht wurde.

Als ersten Versuch führe ich den auf p. 14 der ersten Abhandlung bereits mitgetheilten noch ein Mal mit auf.

1. Das Weisse eines Eies in 350 CC. Magensaft verdauet in Lösung. 100 CC. enthielten (wie immer nach Abzug des Pepsins):

0,5256	Grm.	Pepton,
0,2918	-	Parapepton,
0,0650	-	Zucker,
0,1150	-	Fett, Extractivstoffe.
0,9974	Grm.	organische Substanz.

Verhältniss des Parapeptons zum Pepton = 1 : 1,8. Verhältniss des Parapeptons zur organischen Substanz = 1 : 3,4. Das Weisse eines Eies lieferte 1,84 Grm. Pepton, 1,0 Grm. Parapepton, zusammen 2,84 Grm., entsprechend der Menge trockenen Eiweisses. —

2. Das Weisse eines Eies vollständig verdauet in 600 CC. 100 CC. enthielten:

0,300	Grm.	Pepton,
0,160	-	Parapepton,
0,110	-	Zucker, Fett, Extracte.
0,570	Grm.	organische Substanz.

Verhältniss des Parapeptons zum Pepton = 1 : 1,87. Verhältniss des Parapeptons zur organischen Substanz = 1 : 3,6. Das Weisse eines Eies liefert nach diesem Versuch

1,80 Grm. Pepton,
0,96 Grm. Parapepton,

zusammen 2,76 Grm., entsprechend der Menge trocknen Eiweisses.

3. Durch Einwirkung verdünnter Salzsäure unlöslich gewordenes Eiweiss, durch Neutralisation gefällt, ausgewaschen, für sich allein in Verdauung gegeben. Es fehlen also in der Lösung der Zucker, das Fett, die übrigen unbestimmten organischen Substanzen. Dem entsprechend fanden sich nach Verlauf von 24 Stunden

0,176 % Parapepton und
0,480 % fester Rückstand,

so dass sich 0,304 % Pepton ergeben. Das Verhältniss des Parapeptons zum Pepton ist = 1:1,7. Nach weiterer 24stündiger Digestion fand sich genau dasselbe Verhältniss.

4. Eine Lösung von coagulirtem verdaueten Eiweiss enthielt, bevor die Verdauung ganz beendet war, in 100 CC.

0,450 Grm. organische Substanz und
0,120 Grm. Parapepton.

Verhältniss des Parapeptons zur organischen Substanz = 1 : 3,7.

5. Das ganze Weisse eines Eies uncoagulirt war vollständig verdauet in 400 CC. Lösung. Diese Lösung enthielt

0,80 % organische Substanz und
0,23 % Parapepton.

Verhältniss des Parapeptons zur organischen Substanz = 1 : 3,5. Die Parapeptonmenge des ganzen Eiweisses berechnet sich nach diesem Versuch zu 0,92 Grm. (vgl. Nr. 2), die Gesammtmenge der organischen Substanz zu 3,2 Grm. Beide Zahlen sind etwas kleiner, als im Versuch 1, was sich aus der verschiedenen Grösse der Eier genugsam erklärt. Das Verhältniss des Parapeptons zur organischen Substanz ist, wie in den vorhergehenden Versuchen.

6. Eine Verdauungslösung von nicht coagulirtem Eiweiss lieferte, als noch nicht sämmtliches Eiweiss verdauet war,

0,500 % organische Substanz,
0,150 % Parapepton.

Verhältniss = 1:3,3. Dieselbe Lösung lieferte nach weiterer Digestion, als vollständige Verdauung eingetreten war,

0,710 % organische Substanz und
0,200 % Parapepton,

Verhältniss = 1:3,5.

7. Eine Portion rohen Eiweisses in 0,2 % Salzsäure gelöst wurde gekocht und dann mit Pepsin in Verdauung gegeben. Die Lösung des vollständig Verdaueten lieferte

0,480 % organische Substanz und
0,135 % Parapepton.

Verhältniss = 1:3,5.

8. Eine Verdauungslösung coagulirten Eiweisses enthielt

0,670 % organische Substanz,
0,200 % Parapepton.

Verhältniss = 1:3,35.

9. Das Weisse eines Eies coagulirt wurde in Verdauung gegeben mit 400 CC. Salzsäure von 0,2 % und mit 0,08 Grm. Pepsin. Nach 18stündiger Digestion bei 40° C., als noch

nicht alles Eiweiss verdauet war, enthielt die Lösung

0,715 % organische Substanz und
0,200 % Parapepton.

Verhältniss = 1:3,55.

10. Das Weisse eines Eies coagulirt wurde in Verdauung gegeben mit 400 CC. Salzsäure von 0,2 % und mit 0,04 Grm. Pepsin. Nach 18stündiger Digestion bei 40° C., als noch nicht alles Eiweiss verdauet war, enthielt die Lösung

0,400 % organische Substanz und
0,110 % Parapepton.

Verhältniss = 1;3,6.

11. Das Weisse eines Eies coagulirt, wurde in Verdauung gegeben mit 400 CC. Salzsäure von 0,1 % und mit 0,08 Grm. Pepsin. Nach 18stündiger Digestion, als noch nicht alles Eiweiss verdauet war, enthielt die Lösung

0,380 % organische Substanz und
0,100 % Parapepton.

Verhältniss = 1:3,8.

12. Der Versuch Nr. 9 wurde fortgesetzt. Als sich nach 24stündiger weiterer Digestion Alles verdauet fand, enthielt die Lösung

1,015 % organische Substanz,
0,300 % Parapepton.

Verhältniss = 1:3,7.

13. Der Versuch Nr. 10 wurde ebenfalls fortgesetzt. Nach 24stündiger weiterer Digestion enthielt die Lösung

0,950 % organische Substanz,
0,275 % Parapepton.

Verhältniss = 1:3,44. Auch hier war alles Eiweiss verdauet.

14. Der Versuch Nr. 11 wurde ebenfalls fortgesetzt. Nach 24stündiger weiterer Digestion enthielt die Lösung

0,685 % organische Substanz und
0,200 % Parapepton.

Verhältniss = 1:3,4. In diesem Versuch war noch nicht alles Eiweiss verdauet.

15. Als letzte Bestimmung führe ich hier auch noch die auf p. 15 der ersten Abhandlung schon angegebene wieder auf, in welcher nach nicht vollständiger Beendigung der Verdauung in Lösung waren

0,308 % organische Substanz und
0,080 % Parapepton.

Verhältniss = 1:3,8.

Aus diesen 15 Versuchen, in denen theils rohes, theils coagulirtes, theils durch Salzsäure unlöslich gewordenes Eiweiss

in Verdauung gegeben war, in denen ferner die relative Menge und die quantitative Zusammensetzung des Magensaftes wechselte, in denen endlich die Bestimmungen theils nach vollständig beendeter, theils bei nur theilweise beendeter Verdauung des der Digestion übergebenen Eiweisses vorgenommen wurde, ergiebt sich zunächst, dass die relative Menge des entstandenen Parapeptons stets die gleiche ist. Denn die Parapeptonmenge = 1 gesetzt fand sich die Menge der in Lösung gegangenen organischen Substanz zu 3,4; 3,6; 3,7; 3,5; 3,5; 3,5; 3,35; 3,6; 3,55; 3,8; 3,7; 3,44; 3,4; 3,8, woraus sich im Mittel die Zahl 3,56 ergiebt. Die Abweichungen der einzelnen Bestimmungen unter einander sind gewiss so klein, wie sie bei der Schwierigkeit, genaue Ausfällung des Parapeptons und genaue Bestimmungen von Eiweisskörpern überhaupt auszuführen, nicht anders erwartet werden können. Wenn aber das Verhältniss des Parapeptons zu der in Lösung befindlichen organischen Substanz sich so constant herausstellt, so ist schon daraus mit Sicherheit zu schliessen, dass auch das Verhältniss des Parapeptons zum Pepton ebenso constant ist, ein Schluss der bestätigt wird durch das Ergebniss der ersten drei Versuche, in denen die Peptonmenge zu 1,8; 1,87; 1,7 gefunden wurde, wenn die Parapeptonmenge = 1 gesetzt wurde, woraus sich die Mittelzahl 1,8 ergiebt. Mit Rücksicht aber darauf, dass bei der Darstellung des Peptons gar leicht ein gewisser Verlust eintritt, dürfte, wie ich schon früher angab, die Peptonmenge gleich 2 nahezu zu setzen sein, wenigstens in runder Zahl, womit denn auch der in der ersten Abhandlung p. 15 angegebene Versuch wiederum übereinstimmt.

Dass sich das Verhältniss der Parapeptonmenge nicht ändert bei weiter fortschreitender Verdauung, beweisen die Versuche 9 bis 14. Diese sechs Bestimmungen, von denen allemal zwei zusammengehören, zeigen ausserdem den Einfluss der quantitativen Zusammensetzung des Magensaftes auf die Schnelligkeit der Verdauung. Geht man von dem Versuch Nr. 9 als mit normalem d. h. gut wirksamen Magensaft angestellt aus, so zeigt der Versuch Nr. 10, dass bei der halben Menge Pepsin, sonst aber ganz gleichen Verhältnissen, die Verdauung viel langsamer fortschreitet, so dass nach 18stündiger Digestion nur etwas über die Hälfte von dem in Lösung, verdauet war, was in dem Normalversuch in Lösung war. Dem entsprechend war auch die Digestion in dem Versuch Nr. 9 eher beendet, denn als die zweite Bestimmung für denselben, Nr. 12, gemacht wurde, war schon längere Zeit vorher vollständige Lösung eingetreten. Der Versuch Nr. 11 zeigt, dass

die Verminderung der Salzsäure auf die Hälfte bei sonst ganz gleichen Verhältnissen, gegenüber dem Normalversuch, den Verdauungsprocess in noch höherm Maasse verlangsamt, als die Verminderung der Pepsinmenge. Es ist aber wohl zu bemerken, dass es sich hierbei um die Verdauung von bereits unlöslich gemachtem Eiweiss handelt; bei der Verdauung löslichen Eiweisses kommen nach dem oben Erörterten andere Gesichtspunkte bei der Zweckmässigkeit des Magensaftes in Betracht. Natürlich gelten auch jene Zahlen nur speciell für das Pepsin, dessen ich mich bediente. Es scheint wohl, dass bei gegebener Säuremenge im künstlichen Magensaft ein bestimmter Pepsingehalt nothwendig ist, um das Maximum der Wirksamkeit eines solchen Magensaftes zu erhalten; ausserdem aber wird es jedenfalls auch eine bestimmte Zusammensetzung des Magensaftes geben, einen bestimmten Säuregrad mit einer bestimmten Pepsinmenge, welche das Maximum unter den verschiedenen Maximalwerthen der Wirksamkeit auf unlösliches Eiweiss bedingt. Andeutungen, dass solche gesetzmässige Verhältnisse stattfinden, erhält man bei zahlreichen Versuchen; jene Verhältnisse zu bestimmen, ist natürlich mit grossen Schwierigkeiten verbunden.

Ich glaube, dass nach dem Mitgetheilten darüber kein Zweifel mehr sein kann, dass das Parapepton nicht etwa ein von den Umständen abhängiger unverdauter Rest ist, sondern dass dasselbe ein Product der Verdauung ist, dessen Auftreten und Quantität nur davon abhängt, ob überhaupt Verdauung stattfand und wie viel Eiweiss verdauet wurde. Das Parapepton hat ausserdem auch seine eigenthümlichen Reactionen anderen Eiweisskörpern gegenüber, nämlich die Nichtfällbarkeit, Löslichkeit, durch absoluten Alkohol und den Mangel der Gerinnbarkeit durch Hitze. Im Uebrigen ist allerdings das Parapepton zu bezeichnen als ein Körper, der in den meisten Reactionen sich dem ursprünglichen Eiweiss sehr ähnlich verhält. Offen lasse ich, ich wiederhole es, die Frage, ob Pepton und Parapepton angesehen werden müssen als wahre Spaltungsproducte, entstanden aus der Zerlegung eines ursprünglich concreten Körpers, oder ob beide als solche oder etwa mit anderer Atomlagerung in dem ursprünglichen Eiweiss nur gemischt waren, bei welcher Auffassung man dann weiter anzunehmen hätte, dass die verdauende Wirkung des Magensaftes auch die Bedingungen aufhebt, welche vor stattgehabter Verdauung die Trennung der beiden gemischten Körper unmöglich machte. Soll die berührte Frage, welche eben auf die Constitution der Eiweisskörper wesentlich hinausläuft, in Angriff genommen

werden, so werden ausser den Salzen auch wohl die übrigen bei der Verdauung sich isolirenden organischen Substanzen berücksichtigt werden müssen, ich meine die Körper, welche nach Ausfällung des Parapeptons und des Peptons zurückbleiben und die beiden auffallenden Reactionen haben, die in der ersten Abhandlung beschrieben wurden, nämlich mit alkalischer Kupferlösung eine sehr schöne rothe Lösung und mit salpetersaurem Quecksilberoxyd (auch mit Millon's Reagens) die Hofmann'sche Tyrosinreaction zu geben.

Es ist nun weiter eine Frage für sich, ob das Parapepton nicht durch weitere Einwirkung von Magensaft weiter verändert, vielleicht in einen in Wasser löslichen Körper verwandelt werden kann, eine Frage, die um so mehr berechtigt ist, als der pankreatische Saft entschieden das Vermögen besitzt, das Parapepton in einen löslichen dem Pepton sehr ähelichen Körper zu verwandeln.

Sicher ist, wie auch schon früher nachgewiesen wurde, dass in der Zeit, in welcher coagulirtes Eiweiss durch Verdauung vollständig in Lösung gebracht wird, das Parapepton nicht weiter umgewandelt wird; jedenfalls also ist der Körper für diese gewissermassen erste Periode der Verdauung als durch Magensaft nicht weiter veränderlich zu bezeichnen. Aber es ist zu untersuchen, ob nicht etwa nach Ablauf dieser ersten Periode, also nach Beendigung der Einwirkung des Magensaftes auf das ursprüngliche Eiweiss, entweder derselbe Magensaft oder neuer, frischer Magensaft eine weitere Verwandlung des Parapeptons zu bewirken vermag. Meine früher mitgetheilten Versuche beantworteten diese Frage mit Nein und neue darüber angestellte Versuche stimmen damit überein.

1. Die vollkommen verdauete Lösung von durch Salzsäure vorher unlöslich gewordenem Eiweiss enthielt 0,108 % Parapepton; nach weiterer 12stündiger Digestion fand sich wiederum 0,110 % Parapepton. (Die Differenz von 0,002 % kommt natürlich in keiner Weise in Betracht.)

2. Die vollkommen verdauete Lösung von rohem Eiweiss enthielt 0,112 % Parapepton. Nach 18stündiger weiterer Digestion wurden 0,110 % Parapepton erhalten; nach 24stündiger weiterer Digestion 0,116 % Parapepton. Nun wurde zu dieser Lösung eine neue ansehnliche Portion Pepsin hinzugefügt: nach 20stündiger Digestion fanden sich wiederum 0,112 % Parapepton.

3. Aus einer verdaueten Lösung von coagulirtem Eiweiss wurde das Parapepton durch Neutralisation ausgefällt und für sich allein mit frischem Magensaft von zweckmässiger Zusammensetzung, wie gewöhnlich bei 40° C. digerirt. Als eine Probe

der sauren Lösung nach 18 Stunden neutralisirt wurde, fiel Parapepton heraus; in dem fast neutralen Filtrat erzeugte Gerbsäure einen Niederschlag, woraus aber nicht zu schliessen ist, dass etwa Pepton gebildet sei; denn da Pepsin in Lösung war, da ferner das Parapepton sehr schwer vollständig auszuwaschen ist, also leicht Spuren von Pepton haften geblieben sein konnten, endlich auch die Ausfällung des Parapeptons durch Neutralisation sehr schwer ganz absolut vollständig gelingt, so kann ein mässiger Niederschlag durch Gerbsäure in jenem Filtrat leicht zu Stande kommen, ohne dass daraus folgt, es sei neues Pepton gebildet. Die Wägung des Parapeptons giebt natürlich den sichersten Aufschluss. Nachdem das Parapepton 4 Tage lang mit dem sonst wirksamen Magensaft digerirt worden war, und sich bis dahin der durch Gerbsäure aus dem neutralen Filtrat zu erhaltende Niederschlag durchaus nicht vermehrt hatte, enthielt die Lösung 0,73 % Parapepton, welches durch Salpeterlösung ausgefällt war. Am nächsten Tage wurden auf dieselbe Weise wieder 0,72 % Parapepton ausgefällt; endlich nach 7tägiger Digestion wiederum 0,73%. Das Parapepton wird durch solchen Magensaft, welcher Eiweiss gut verdauet, nicht weiter verändert, speciell nicht etwa in eine lösliche Modification verwandelt.

Dass, wie oben schon bemerkt wurde, der Einfluss einer höheren Temperatur (40° C.) für die Entfaltung der verdauenden Wirksamkeit des Pepsins oder der Chlorpepsinwasserstoffsäure ein sehr bedeutender ist, beweist folgender Versuch. Gleiche Mengen coagulirten Eiweisses wurden mit völlig gleichem sehr wirksamem Magensaft die eine Portion bei 40° C., die andere bei gewöhnlicher Zimmertemperatur digerirt. Nach 20 Stunden schon war die in der Wärme digerirte Portion vollständig verdauet, während in der andern Portion die Eiweissstücken sichtlich noch gar nicht angegriffen waren, die Untersuchung der Flüssigkeit einen sehr geringen Gehalt an gelöstem Eiweisskörper ergab. Erst nach 5 bis 6tägiger Digestion in Zimmertemperatur fand sich auch hier nur der grösste Theil verdauet.

Wie ich bereits in meiner ersten Abhandlung angegeben habe, wird das Parapepton aus salzsaurer Lösung gefällt durch neutrale Alkalisalze; wird zu einer Parapeptonlösung in 0,15 — 0,20 % Salzsäure Chlornatrium oder Chlorkalium zugesetzt, bis die Lösung etwa 3 bis 4 % dieses Salzes enthält, so entsteht starker flockiger Niederschlag, welcher sämmtliches Parapepton ist. Ich gab ferner an, dass dieser Niederschlag nicht reines Parapepton sei, sondern eine Verbindung desselben

mit Salzsäure, die im Wasser löslich sei. Auf diesen Gegenstand muss ich zurückkommen. Was zunächst die Entstehung jenes Parapeptonniederschlages aus salzsaurer Lösung betrifft, so wird derselbe erzeugt durch Zusatz von Chlornatrium, Chlorkalium, Chlorammonium, Chlorcalcium, Jodkalium, Salpeter, schwefelsaure Magnesia, Alaun, durch Zusatz von phosphorsaurem Natron, welches schwach alkalisch reagirte, ohne dass nach eingetretener Fällung die Reaction neutral gewesen wäre; der durch concentrirte Lösungen dieser Salze erzeugte Niederschlag ist im Ueberschuss derselben unlöslich (vorausgesetzt, dass nicht, wie beim phosphorsauren Natron, zuletzt alkalische Reaction eintritt). Durch neutrales chromsaures Kali entsteht ebenfalls Fällung des Parapeptons aus saurer Lösung, doch ist der Niederschlag im Ueberschuss leicht löslich. Chlorbarium und salpetersaurer Baryt erzeugen die Fällung nicht.

Ich habe nun eine grosse Anzahl neuer Versuche darüber angestellt, ob der durch Chlornatrium, Chlorkalium oder Salpeter entstehende Niederschlag wirklich das ist, wofür ich ihn nach meinen früheren Versuchen glaubte halten zu müssen, nämlich salzsaures im Wasser lösliches Parapepton. Es entstanden darüber nämlich deshalb Zweifel, weil das Parapepton immer einen sehr schwer auszuwaschenden Niederschlag bildet, der nach Ausfällung aus saurer Lösung möglicherweise auch so viel Säure mechanisch zurückhalten könnte, um sich mit Hülfe derselben dann im Wasser zu lösen. So wie es schwer ist, die Säure, so weit sie nur mechanisch zurückgehalten wird, ganz zu entfernen, so ist es aber auf der andern Seite auch schwer, das zum Ausfällen verwendete Salz ganz aus dem Niederschlage zu entfernen, denn man kann zum Auswaschen der Säure nur eine Salzlösung verwenden, da der Körper sich in Alkohol löst und mit Hülfe eben der entweder nur mechanisch oder chemisch zurückgehaltenen Säure auch im Wasser: das zurückgehaltene Salz kann aber möglicherweise bedingen, dass das etwaige salzsaure Parapepton sich eben nur dieses Salzgehaltes halber nicht oder nur unvollkommen im Wasser löst, weil je weniger Säure zugegen ist, desto weniger Salz erforderlich ist, um das Parapepton unlöslich zu machen. — Ich muss gestehen, dass ich trotz vieler auf verschiedene Weise angestellter Versuche nicht zu einem ganz sicheren Resultat gelangt bin; ein Theil der Versuche sprach für die früher hingestellte Ansicht, ein anderer Theil dagegen. Jedenfalls handelt es sich, wenn jener Niederschlag eine Verbindung mit Salzsäure sein sollte, um so kleine Mengen von Säure, dass, so schien es, auf dem Wege der Titration oder Wägung, wie

es versucht wurde, schwerlich zum Ziel zu gelangen ist. Ich beabsichtige die angeregte Frage noch ferner zum Gegenstand einer besondern Untersuchung zu machen und will hier vorläufig, ohne die bisher angestellten Versuche schon mitzutheilen, jene Angabe meines ersten Aufsatzes, es werde salzsaures Parapepton durch die genannten Salze gefällt, als zweifelhaft bezeichnen.

Vor Kurzem hat Brücke Untersuchungen über die Verdauung der Eiweisskörper veröffentlicht (Beiträge zur Lehre von der Verdauung. Sitzungsberichte der k. Akad. d. W. XXXVII. p. 131.), in welchen auf einen Theil der in meiner ersten Abhandlung mitgetheilten Angaben Bezug genommen wird.

Brücke meint p. 176, er habe Parapepton aus rohem Eiweiss erhalten ohne Mithülfe des Pepsins, durch Einwirkung verdünnter Salzsäure allein: der Widerspruch gegen meine Angaben ist nur scheinbar, denn das, was Brücke erhielt, ist das durch Salzsäure unlöslich gewordene Eiweiss, mein „Neutralisationspräcipitat", welches nicht identisch ist mit Parapepton, bei Brücke aber nicht von letzterem unterschieden wird. Brücke bemerkte, dass das Neutralisationspräcipitat bei Digestion in niederer Temperatur in grösserer Menge entsteht (p. 170), was vollkommen richtig ist, wie aus Obigem erhellt; in der Wärme wird das Neutralisationspräcipitat verdauet, wie denn auch Br. angiebt, dass nachdem in der Kälte eine reichliche Menge Neutralisationspräcipitat entstanden war, und die saure Pepsin-haltige Lösung in den Brütofen gebracht wurde, die Menge des Neutralisationspräcipitats abnahm: das jetzt erhaltene Neutralisationspräcipitat war wahrscheinlich Parapepton. Dagegen ist mir die Angabe Brücke's allerdings nach meinen Beobachtungen unerklärlich, dass nach 15stündiger Digestion im Brütofen durch Neutralisation und durch Salze gar keine Fällung mehr erhalten werden konnte. Auch sah Brücke das Parapepton von coagulirtem Eiweiss durch frischen künstlichen Magensaft in einen im Wasser löslichen Körper verwandelt werden, was ich bisher gleichfalls nicht beobachten konnte.

Der Versuch, welchen Brücke p. 179 angiebt, stimmt ganz überein mit dem, was ich oben angegeben habe über die mindestens weit grössere Verdaulichkeit des unlöslichen Eiweisses gegenüber dem löslichen; denn Brücke erhielt Parapepton, als Zeichen stattgehabter Verdauung, in einem Versuch mit coagulirtem Eiweiss, nur Spuren von Parapepton in einem Versuch, der in allen Verhältnissen der gleiche war bis auf den Umstand, dass das Eiweiss vorher nicht coagulirt war.

Ueberhaupt weichen Brücke's Beobachtungen von den meinigen so weit sie sich berühren bei weitem nicht in dem Maasse ab, wie Brücke selbst meint, und wie es auf den ersten Blick auch den Anschein hat, wenn man nämlich die zwei Körper nicht streng auseinander hält, das Parapepton, ein Product der Verdauung des Eiweisses unter allen Umständen, und das durch Salzsäure allein entstehende unlösliche Eiweiss, welches ich oben als Neutralisationspräcipitat bezeichnete, welches selbst bei der Verdauung durch Salzsäure in Verbindung mit Pepsin, wahrscheinlich durch Chlorpepsinwasserstoffsäure, durch Spaltung Pepton und Parapepton liefert.

Weitere Verfolgung meiner Untersuchungen in der bisher eingehaltenen Richtung behalte ich mir für weitere Fortsetzungen vor.

Freiburg. Dec. 1859.

Zur Kritik der Richardson'schen Hypothese über die nächste Ursache der Blutgerinnung und einige andere den Faserstoff betreffende Ansichten.

Von

Dr. G. Zimmermann in Hamm.*)

Wenn die nachfolgende Abhandlung vor ihrer Vollendung, wie ich sie mir entworfen und vorgezeichnet hatte, zur Veröffentlichung gelangt, so habe ich als Grund dafür die immer näher auch an meine Person herantretenden kriegerischen Vorgänge anzuklagen. Zum vierten Male werde ich angefangene Untersuchungen über mich interessirende Materien der pathologischen Physiologie unterbrechen müssen und da ich nicht weiss, auf wie lange Zeit oder ob auf immer meine Verhältnisse als Militairarzt mich davon zurückhalten werden, so will ich lieber Unvollendetes, aber doch zu weiteren Forschungen Anregendes mittheilen, als gänzlich schweigen.

Nachdem wir die Untersuchungen und Experimente, mit denen Richardson bewiesen zu haben glaubt, dass das Entweichen einer im Blute enthaltenen flüchtigen Ammoniakverbindung die Ursache der Faserstoffgerinnung sei, durch einen anscheinend ziemlich vollständigen Auszug in dieser Zeitschrift kennen gelernt haben, ist es möglich geworden, jene Hypothese kritisch zu prüfen und es ist dies nöthig, damit nicht ein etwaiges Stillschweigen so gedeutet werde, als stimme man derselben bei. Ich kann dies für meinen Theil mindestens nicht und obwohl ich bereits auf die vorläufige Mittheilung der R. Hypothese in Froriep's Notizen (IV. Bd., Nr. 1) meine Bedenken gegen die Richtigkeit derselben erhoben habe (S. Moleschott's Untersuchungen, II. Bd., 1. Hft.), so halte ich eine eingehendere Besprechung seiner Experimente und Argumentation um so weniger für überflüssig, als sowohl ich

*) Der Abdruck dieser Abhandlung, welche der Redaction im Juni v. J. zuging, hat sich durch zufällige Umstände verspätet.

wie auch Andere seitdem Thatsachen kennen gelernt haben, die keinen Zweifel darüber aufkommen lassen, dass jener englische Physiologe seinen Preis, gelind ausgedrückt, voreilig empfangen hat. Viel mehr Chancen der definitiveen Anerkennung scheint mir dagegen die von mir in Moleschott's „Untersuchungen" (Bd. I, Heft II) von Neuem aufgestellte Hypothese zu besitzen, dass sich durch Selbstzersetzung ein Contactkörper in den fibrinhaltigen Flüssigkeiten bildet, der den Faserstoff in den coagulirten Zustand überführt; ich habe dort theils Thatsachen dafür beigebracht, theils ergeben die Ammoniak-Experimente einige neue, theils lassen sich auch aus den ingeniösen Experimenten von E. Brücke, die derselbe in seiner Conkurrenz-Arbeit mitgetheilt hat (s. Virchow's Archiv, XII. Bd.), dergleichen ableiten. Und damit dieser Gesichtspunkt von Denen, die jetzt dazu Musse haben, weiter verfolgt werden könne, habe ich mich entschlossen, diese kaum begonnene Arbeit zu veröffentlichen, zumal die Aufnahme, welche die Richardson'sche Hypothese in Deutschland gefunden zu haben scheint, mindestens den kritischen Theil nöthig gemacht hat.

Zunächst muss ich einen persönlichen Punkt erledigen.

Wie Richardson auf den Einfall gekommen ist, das Blut auf eine flüchtige Ammoniakverbindung zu untersuchen und was ihn bestimmt hat, ihr Entweichen als die Ursache der Faserstoffgerinnung aufzufassen und diesen Gedanken experimentell zu prüfen, hat er in seiner Schrift nicht angegeben. Am Schlusse derselben theilt er mit, dass schon Boyle diesen Gedanken gehabt hat, der Gründer der analytischen Chemie, der unter Baconischem Einflusse arbeitete und 1671 starb. Einem Engländer mochte es nahe liegen, die ältere einheimische Literatur über das Blut durchzumustern und wir wollen es R. glauben, dass er nachträglich erst in Boyle's Schriften jene Hypothese von der nächsten Ursache der Blutgerinnung gefunden hat. Wie er aber selber darauf gekommen ist, das Blut auf Ammoniak zu untersuchen, wird nicht von ihm auseinandergesetzt, ich glaube aber, dass man dies mit Recht hätte verlangen können. Es waren zwar von der naturhistorischen Schule (Schönlein und auf diese Autorität hin Fr. Simon in seiner medicin. Chemie), als auch von der Giessener (Winther) vor Zeiten Andeutungen über Ammoniakgehalt des Blutes in Krankheiten gemacht worden, und auch Frerichs hatte in seiner Uraemie-Hypothese denselben als Grund eben für die urämischen Symptome urgirt; Niemand hatte aber auch nur den Gedanken sonst geäussert, dass nicht

nur das gesunde Blut der Menschen und Thiere, sondern auch das kranke stets flüchtiges Ammoniak enthalte, geschweige dass Jemand den Gedanken geäussert hätte, dass sein Entweichen die Ursache der Faserstoffgerinnung sein möchte. H. Nasse, der doch die Literatur über das Blut gewiss kennt, war die Vermuthung von Boyle, dass im Blute eine flüchtige Ammoniak-Verbindung enthalten sei, unbekannt, als er seinen Artikel „Blut" für R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie schrieb; denn er sagt daselbst, der Blutdunst (Halitus sanguinis) bestehe nicht, wie man früher vermuthet, aus Gas, sondern bloss aus Wasserdunst, mit einem Riechstoff, wahrscheinlich einer flüchtigen fetten Säure und er fordert zu einer abermaligen chemischen Prüfung desselben auf.

Man möge es nicht als eine Unbescheidenheit von meiner Seite betrachten, wenn ich die Entdeckung, dass das Blut der Menschen und Thiere, selbst der gesunden, eine flüchtige Ammoniak-Verbindung enthalte und den Gedanken, dass ihr Entweichen die Ursache der Faserstoffgerinnung sein könne, unserem deutschen Vaterland vindicire. Die Sache ist zwar nicht von so grosser Erheblichkeit, namentlich da sich herausstellen wird, dass jene Hypothese keine Aussicht auf ein langes Leben besitzt, aber der Deutsche muss sich von andern Nationen so viel gefallen lassen, dessen er sich noch nicht erwehren kann, dass man alle Ursache hat, wo dies möglich ist, seine Hände zu rühren.

Man wird mir glauben, dass ich von den Schriften des Engländers R. Boyle keine Ahnung gehabt habe und ich darf daher wohl behaupten, dass ich selbstständig auf den Gedanken gekommen bin, das Blut selbst gesunder Menschen auf den Gehalt an Ammoniak zu untersuchen; aber wie ohne einen speziellen Anstoss selten etwas geschicht, so war es auch hier, ich bin aber auch so ehrlich gewesen, zu erwähnen, was mich dazu veranlasste. Beauftragt mit einer Kritik der Monographie von Frerichs über Morb. Bright. prüfte ich 1851 das Blut von Kranken und Gesunden in derselben Weise wie dieser Forscher mittelst des mit Salzsäure befeuchteten Glasstabes auf Ammoniak und fand, dass der Halitus sanguinis mehr oder weniger starke Salmiak-Nebel bildete. Ich theilte diese Beobachtung in No. 52 der medicin. Zeitung des Vereins für Heilkunde in Preussen (Jahrgang 1851) mit und versprach diesen für die Uraemie-Hypothese wichtigen Fund weiter zu verfolgen, namentlich zu ermitteln, welcher chemischen Beschaffenheit jene flüchtige Ammoniakverbindung sei, da sie weder kaustisches noch kohlensaures Ammoniak sein kann,

weil sie rothes Lackmuspapier nicht bläut; am Schlusse meiner Mittheilung versprach ich zu untersuchen, ob das Entweichen derselben die Ursache der Faserstoffgerinnung sei. Denn mir war sehr wohl bekannt, dass das kaustische und kohlensaure Ammonium, in sehr geringen Quantitäten dem Blute zugesetzt, dessen Gerinnung zu verzögern, wohl gar ganz aufzuheben im Stande sind und es lag mir der Gedanke nahe, dass die im Halitus sang. entweichende flüchtige Ammoniakverbindung, selbst wenn sie die Verbindung einer flüchtigen Fettsäure mit Ammoniak war, den Faserstoff des kreisenden Blutes flüssig erhalten könne. Ich hatte mich seit Jahren mit Nachforschungen über diesen Punkt herumgetragen; wie aus meinen bis zum Jahre 1848 publicirten Abhandlungen über jenen Blutbestandtheil im Archiv für physiol. Heilk. u. s. w. ersichtlich ist, hatte ich das Wesen der Fibrin-Gerinnung in einer anderweitigen Lagerung in den Atomen jenes Protein-Körpers gesucht, die eintritt, sobald das Blut, die Lymphe u. s. w. das Gefässsystem verlassen, im Allgemeinen, wenn jene Flüssigkeiten einer Zersetzung anheimfallen.

Ich weiss natürlich nicht, ob Richardson diese meine Mittheilung gekannt hat, da sie jedoch in Cannstatt's Jahresbericht und vielleicht auch in englische medicin. Zeitungen übergegangen ist, so ist es nicht unmöglich; denn wer kann ermessen, wie der Zufall in solchen Dingen sein Spiel treibt. Es mag auch gleichgültig sein, wie der Gedanke in dem englischen Preisbewerber aufgekommen ist, gesundes Blut auf Ammoniak zu untersuchen, nicht gleichgültig ist es aber, wie man in Deutschland meinen Befund aufgenommen hat. Ich erinnere mich, dass Herr Eisenmann als Referent im Cannstatt'schen Jahresbericht aus apriorischen Gründen ihn verwarf, während es doch so einfach gewesen wäre, meine Angaben, die doch wohl nicht auf Täuschung beruhen konnten, einer einfachen experimentellen Kritik zu unterwerfen. Jetzt, wo ein Engländer auf die konstante Anwesenheit der flüchtigen Ammoniakverbindung im Blute sogar eine neue Theorie der Faserstoffgerinnung zu gründen versucht hat, jetzt beeilt man sich nicht bloss, jenes Faktum bereitwilligst anzuerkennen, sondern auch die darauf gebaute Hypothese als erwünschte Bereicherung in die Wissenschaft aufzunehmen.

Als ich die flüchtige Ammoniakverbindung im Blute gefunden hatte, untersuchte ich alle Thatsachen, welche bis 1851 über das Phänomen der Faserstoffgerinnung bekannt waren, darauf, ob sie sich mit dem Gedanken, den ich darüber gefasst hatte, vereinigen liessen; ich fand, dass diess nicht möglich

sei, und als ich nicht nur auf Grund einiger mit dem Ammoniak angestellter Experimente die Ueberzeugung gewonnen, dass er sogar gänzlich zu verwerfen sei, sondern auch Beobachtungen gemacht hatte, welche mir die Contacttheorie als die einzig richtige erscheinen liessen, so trug ich kein Bedenken, diese ausschliesslich weiter zu verfolgen. Denn es war auch mein Plan, als die Preisaufgabe über die Gerinnung des Faserstoffs von England ausgeschrieben wurde, hierbei zu concurriren, aber so gewiss ich überzeugt war, dass der Gedanke, von dem aus ich sie bearbeitet haben würde, der richtige war, so wenig reichten meine Mittel, meine Zeit und auch meine Kräfte hin, sie vollständig zu lösen. Dies ist mir noch klarer geworden nach dem Erscheinen der Preisarbeit von E. Brücke, welche einen Theil der die Gerinnung des Blutes betreffenden Untersuchungen in der exaktesten Weise erledigt. Solche Experimente, wie sie der Wiener Physiologe angestellt hat, auszuführen, hatte ich nicht einmal die Mittel, abgesehen von aller Gewandtheit im Experimentiren; — sie beweisen auf das Schlagendste, dass in der anatomischen und physiologischen Beschaffenheit und Einwirkung der inneren Gefässhaut Etwas liegt, wodurch die Bedingungen der Gerinnung aufzutreten verhindert werden. Wollte Brücke aber seine Aufgabe vollständig lösen, so musste er gerade untersuchen, was dies „Etwas" ist; denn wird gefragt, was die Ursachen der Blutgerinnung seien, so muss man nicht bloss ermitteln, was sie verhindert, sondern man muss die positiven und allernächsten Bedingungen derselben aufsuchen. Diese beiden Fragen sind nicht auseinander zu halten; dass das Blut im Herzen, in den Gefässen u. s. w. selbst nach dem Tode noch längere Zeit flüssig bleiben kann, wussten wir längst; es war zwar nöthig, diesen Punkt noch exakter zu präcisiren, aber die vollständige Beantwortung der aufgestellten Frage war doch nur damit gegeben, dass man gerade untersucht, wesshalb gerinnt das Blut nach dem Tode doch schliesslich im Herzen und in den Gefässen? Warum verhindert die innere Gefässmembran die Gerinnung des Blutes nicht in infinitum, was geht im Blute vor, sobald das Herz abgestorben ist oder sobald es das Gefässsystem verlassen hat? E. Brücke hat sich zwar am Schlusse seiner Abhandlung auch diese Frage gestellt und zu beantworten gesucht, aber dieser Theil derselben ist jedenfalls der schwächste Punkt seiner Arbeit. Er läugnet nicht nur ohne triftige Gründe die schon im cirkulirenden Blute anzunehmende chemische Differenz zwischen Albumin und Fibrin, sondern stützt

auch seine Vorstellung, wie letzteres aus ersterem entstehen könne, auf chemische Deduktionen, deren Realität mehr als in Zweifel steht. Diese auch schon von anderen früher geäusserte Hypothese, dass der Faserstoff und das Albumin im circulirenden Blute identisch seien und jener erst in Folge eines chemischen Processes in dem absterbenden Plasma entstehe, wird sich gerade von dem Gesichtspunkte aus widerlegen lassen, den ich verfochten habe und weiter verfechten werde, dass nämlich die Bildung eines Contactkörpers in den fibrinhaltigen Flüssigkeiten die Gerinnung einleitet und bewirkt. Denn es wird sich beweisen lassen, dass für die Bildung jenes Contactkörpers Material im Ueberfluss vorhanden ist, ihm entsprechend müsste sich weit mehr Albumin in Fibrin überführen lassen, wesshalb bewegt sich aber die Ziffer des letzteren in gesundem Blute des Menschen innerhalb sehr eng gezogener Grenzen? — Und wie will E. Brücke mit Hülfe seiner Säure-Hypothese die in Krankheitszuständen oft so gesetzmässig sich entwickelnden quantitativen Differenzen erklären, wenn es ihm nicht gelingt, dem entsprechend auch quantitative Differenzen der zu neutralisirenden Magnesia zu ermitteln?

Ich habe mich desshalb nicht wundern können, dass die englischen Preisrichter, selbst wenn sie ganz unparteiisch verfuhren, der Richardson'schen Arbeit den Preis zuerkannten, da sie das Problem der Faserstoffgerinnung in einer neuen und wie es auf den ersten Blick scheinen kann, exakten Weise zu lösen versprach. Manche Experimente, die in der Brücke'schen Abhandlung vorkommen, hätten zwar im Stande sein sollen, einem kritischen Beurtheiler Zweifel an der Richtigkeit der Richardson'schen Hypothese einzuflössen, ja in dessen Arbeit selber sind der dubiösen Particen genug und selbst ältere Beobachtungen und Thatsachen sprechen dafür, dass der Grund der Faserstoffgerinnung in etwas Anderem liegen müsse. Ich war hiervon seit 1851 so vollkommen überzeugt, dass ich der flüchtigen Ammoniakverbindung, die ich damals schon nachgewiesen hatte und des Gedankens, dass ihr Entweichen die Ursache der Fibrin-Coagulation sein könne, in meiner Abhandlung über den Faserstoff in Moleschott's „Untersuchungen“ nicht einmal erwähnt habe: denn ich konnte schon damals den Beweis führen, dass das Blut nicht gerinnt, weil aus ihm Ammoniak entweicht, sondern trotzdem, dass davon noch etwas in ihm enthalten ist; dass die eigentliche Ursache der Blutgerinnung stärker

sein kann, als die löslich erhaltende Kraft des Ammoniak!

Dass dies sowohl wie seine Salze (das kohlensaure, salzsaure, phosphorsaure u. s. w.) das Blut am Gerinnen hindert, wenn es ihm in genügender Menge zugesetzt wird, wusste man längst, man wusste aber auch, dass jener Körper den Faserstoff so verändern kann, dass er seine Eigenschaft zu gerinnen gänzlich einbüsst. Dagegen erwähnen Pratre und H. Nasse auch, dass ein sehr geringer Zusatz von Ammoniak die Gerinnung sogar beschleunigen könne (s. R. Wagner's Handwörterbuch der Physiol., I. S. 117), Richardson scheint hiervon aber keine Kenntniss gehabt zu haben.

Was ich nun zunächst an dessen Untersuchungen auszusetzen habe, ist, dass er nicht den Beweis geführt hat, dass die flüchtige Ammoniakverbindung an der Blutflüssigkeit selbst haftet. Man darf dies zwar als möglich voraussetzen, der Gedanke ist jedoch nicht von der Hand zu weisen, dass sie auch oder allein in gewissen Blutformgebilden enthalten ist, und entweicht, sobald die Möglichkeit dazu gegeben ist. So lange das Blut im Gefässsystem circulirt, hat sie nicht Statt und man ist um so mehr berechtigt, diesen Einwurf zu erheben, weil es sehr wahrscheinlich ist, dass auch die Kohlensäure und der Sauerstoff nicht in der Blutflüssigkeit suspendirt, sondern in den gefärbten Blutbläschen gebunden sind. So lange der Beweis also nicht exact geführt ist, dass die flüchtige Ammoniakverbindung im Plasma diffundirt ist, so lange muss man sogar bezweifeln, dass sie den Faserstoff desselben im löslichen Zustand erhält, wozu übrigens die fixen Salze des Liquor sang. hinreichen dürften und die chemische Constitution des Fibrin selbst, die nur, wenn es von einem bestimmten Contactkörper getroffen wird, sich so ändert, dass alle Plasma-Salze sammt dem flüchtigen Ammoniakkörper nicht im Stande sind, den Uebergang in den coagulirten Zustand zu verhindern.

Ferner vermissen wir, und darauf ist ein noch grösseres Gewicht zu legen, den Nachweis, welche chemische Constitution die aus dem Blute entweichende flüchtige Ammoniakverbindung besitzt. Dass sie Salmiaknebel an einem mit Salzsäure befeuchteten Glasstabe entwickelt oder dass sich Salmiak bildet, wenn man ein Schälchen mit Salzsäure in einem Gefässe befestigt, in welches man Blut fliessen lässt, ist noch kein Beweis, dass sie kaustisches oder kohlensaures Ammoniak ist; denn wäre sie dies, so müsste im Halitus sang. ein rothes Lackmuspapier sich bläuen und man müsste den stechenden Geruch wahrnehmen. Aber Ersteres haben weder ich noch

Richardson beobachtet und es wird mir um so unwahrscheinlicher, dass im Blutdunst jene Körper enthalten seien, weil ich gesehen habe, dass der Dunst von Blut, welches in sehr geringen Mengen Ammoniak aufgefangen ist und später gerinnt, das rothe Lackmuspapier sehr deutlich bläut. Können 1—2 Tropfen liq. ammon. caust., in denen man 1—2 Unzen Blut aufgefangen hat, nachdem sie dies in einer wohlverschlossenen Flasche nicht haben am Gerinnen hindern können, 12 bis 24 Stunden danach so deutlich sich markiren, so wäre es sonderbar, wesshalb der Halitus sang., der so starke Salmiaknebel am Salzsäure-Glasstabe entwickelt, dies nicht thut, wenn er wirklich kaustisches oder kohlensaures Ammoniak enthielte. Vor Kurzem erhielt ich die 4. Lieferung der Memorabilien von Dr. Betz (1859), in der Dr. Plagge in Worms seine Untersuchungen über den Ammoniakgehalt der exspirirten Luft, des Blutes u. s. w. mittheilt. Plagge bediente sich nicht des mit Salzsäure befeuchteten Glasstabes, sondern des „viel zuverlässigeren und empfindlicheren" frischen Blauholzpapiers, und fand dabei, dass das frische normale Menschenblut kein Ammoniak enthält, wohl aber ist es im kranken Blut (bei sogenannten Fermentkrankheiten) im Leben nachweisbar. Bestätigt sich diese Beobachtung, woran ich nicht zweifle, so wäre noch mehr bewiesen, dass der Halitus sang., wie ich es gleich aufgefasst hatte, kein kaustisches oder kohlensaures Ammoniak enthält, trotzdem dass er Salmiaknebel bildet, sondern eine eigenthümliche Ammoniakverbindung, von der es sehr zweifelhaft ist, ob sie irgend einen Einfluss auf die Gerinnung des Blutes besitzt. Ich habe schon in Moleschott's „Untersuchungen" (II. Bd.) und auch in meiner kurzen Mittheilung in No. 52 der medicin. Vereinszeitung (1851) hervorgehoben, dass der Halitus sang. eigenthümlich riecht und man kann sich überzeugen, dass dies bei verschiedenen Thieren und selbst Menschen verschieden ist; es liegt daher sehr nahe, anzunehmen, dass die flüchtige Ammoniakverbindung des gesunden Blutes mit jenem Riechstoff identisch ist. Dann ist er mit den ammoniakalischen Riechstoffen der Pflanzenblüthen zu vergleichen oder er ist Ammoniak verbunden mit einer der flüchtigen Schweisssäuren (Buttersäure, Capronsäure u. s. w.) und dann ist es um so mehr die Frage, ob dieser Körper die Ursache des flüssigen Zustandes des Blutes ist, namentlich bei der geringen Menge, in der er sich darin befindet.

Unter allen Experimenten, die Richardson angestellt hat, kann man nur einem einzigen den Schein einer

Berechtigung zuerkennen, dass jene Ammoniakverbindung das lebende Blut flüssig erhält. Es ist dies der Versuch, in dem R. durch Blut einen Strom atmosphärischer Luft oder von Sauerstoff streichen liess, der diese flüchtige Ammoniakverbindung aufnahm und anderes Blut, durch welches er dann getrieben wurde, flüssig erhielt. Es ist zunächst nöthig, diesen Versuch in derselben Weise, wie ihn R. angestellt hat, zu wiederholen; sollte sich seine Beobachtung bestätigen, so muss man prüfen, wesshalb der Faserstoff am Gerinnen verhindert wird und auf wie lange? Bestätigt er sich nicht, so würde es überflüssig sein, auf die weiteren Deduktionen Richardson's weiter einzugehen. Ich bin nicht mehr in der Lage, ihn zu wiederholen, aber ich glaube, dass man weder nöthig hat, jenem Versuch recht zu trauen, noch ihm eine übergrosse Beweiskraft beizumessen. Denn ich kann nicht recht begreifen, auf welche Weise es R. möglich gemacht hat, Luft durch Blut längere Zeit hindurchzutreiben, so dass es sich in sehr ergiebiger Weise mit der flüchtigen Ammoniakverbindung sättigen konnte. Denn lässt man 1 bis 2 Pfund Blut in ein Gefäss strömen, so wird es, wenn es nicht aus einem sehr grossen Blutgefäss ausfloss, schon theilweise geronnen sein, ehe jenes gefüllt ist und anderntheils wird die Gerinnung nach R. Hypothese um so eher eintreten, als die durchströmende Luft die flüchtige Ammoniakverbindung schneller als sonst abführt. Eher ist dieser Versuch möglich, wenn man Blut in einer Salzlösung auffängt, die das Blut flüssig erhält, aber lässt man durch eine solche Luft streichen, so wird sich diese nicht nur auch mit Kohlensäure sättigen, sondern man muss auch zugeben, dass sie kohlensaures Ammoniak aufnimmt, das sich erst in dem Blute gebildet hatte, nachdem es in der Salzlösung aufgefangen war. Erhielt diese so complicirte Luftart, der auch noch die flüchtige Ammoniakverbindung des Blutes beigemengt war, anderes Blut länger flüssig, so ist damit nichts bewiesen, als dass Ammoniak eine lösende Kraft für das Fibrin besitzt, was wir längst wussten, nicht aber, dass das Entweichen desselben den positiven Grund enthält, wesshalb das Blut gerinnt.

Ich will hier sofort den Beweis antreten, dass das Ammoniak das Blut wohl eine Zeit lang flüssig erhalten kann, ähnlich wie viele andere Kalien und Salze, dass es aber keine absolute Schutzkraft vor dem Gerinnen ausübt. Dies folgte schon ganz einfach aus den Richardson'schen Angaben selbst. Denn dieser theilt selber die Beobachtung mit, die ich vor ihm oft gemacht habe, dass geringe Mengen Ammoniak

(1—3 Tropfen auf 1 Unze) das Blut 5—6 Stunden flüssig erhalten, dass es aber doch selbst in festzugekorkten Flaschen dennoch gerinnt. Lehrt nun aber die Untersuchung, dass das dem Blute zugesetzte Ammoniak entweder doch vollständig entwichen, oder durch eine Säure, die sich entwickelt hat, neutralisirt ist? R. scheint sich darum nicht recht*) bekümmert zu haben, hätte er es, so würde er gefunden haben, dass das entkorkte Fläschchen lange Zeit nach erfolgter Gerinnung sehr starke Nebel an einem Salzsäure-Glasstab bildet und dass rothes Lackmuspapier über die Oeffnung des Glases gelegt sich bläut! Es ist hiermit bewiesen, dass das Ammoniak nicht entwichen war, trotzdem hat es die Gerinnung des Blutes nicht verhindern können. Ist also das Entweichen des kaustischen Ammonium aus dem Blute überhaupt der Grund der Blutgerinnung? Ich glaube, dass Niemand diese Frage mit Ja beantworten kann und damit fällt die ganze Richardson'sche Hypothese allein über den Haufen. — Derselbe hat auch angegeben, dass das durch Ammoniak flüssig erhaltene Blut gerinnt, wenn man durch vorsichtige Erwärmung dasselbe verjagt; ich habe den Versuch auch so angestellt, dass ich solches Blut in einem Schälchen offen an der Luft stehen liess. Noch längere Zeit nach der erfolgten Gerinnung bildeten sich, wenn ich einen mit Salzsäure befeuchteten Glasstab über dem Coagulum hielt oder wenn ich dies hin und her bewegte, starke Nebel von Salmiak, abermals ein Beweis, dass auch hier die Gerinnung eingetreten war, lange bevor alles Ammoniak sich verflüchtigt hatte. Man könnte behaupten, dass es genüge, wenn nur ein Theil desselben entwichen sei, um die Neigung des Fibrin, in den coagulirten Zustand überzugehen, zur That werden zu lassen; ich kann aber versichern, dass die Salmiaknebel, die jenes Coagulum nach lange erfolgter Gerinnung entwickelte, ebenso stark waren wie die vom Halitus sang. sich bildenden und man muss fragen, wie viel denn von jener flüchtigen Ammoniakverbindung entwichen sein muss, damit sie ihre Kraft, das Blut flüssig zu erhalten, verliere?

Ich will nicht läugnen, dass die flüchtige Ammoniakverbindung des Blutes, der Lymphe, des Chylus u. s. w. einen geringen Einfluss auf den flüssigen Zustand des Blutes haben mag, ihr Entweichen bildet aber sicher nicht die positive

*) R. spricht dann, so geringe Mengen Ammoniak seien im Blute nicht wieder aufzufinden. Wo sind sie geblieben, muss man fragen, wenn sie nicht entwichen sind.

Ursache für die Gerinnung. Denn sehen wir, dass diese trotz ihrer Anwesenheit erfolgte, wie z. B. im Blute, das man direkt unter Quecksilber oder unter Oel aufgefangen hat, oder das im Herzen, in Gefässen u. s. w. stagnirt, und sehen wir, dass selbst das dem Blute beigemischte kaustische Ammoniak auf die Dauer die Coagulation nicht verhindern kann, so folgt daraus mit Evidenz, dass im Blute ein Vorgang statt haben muss, der stärker in seinen Folgen ist zu Gunsten der Coagulation als das Ammoniak zu Gunsten der Flüssigerhaltung.

Brücke hat zwar bei seinen Experimenten auf den Gehalt des Blutes an einer flüchtigen Ammoniakverbindung gar keine Rücksicht genommen und es ist dies um so mehr zu bedauern, als dadurch der Beweiskräftigkeit derselben für seinen Satz, dass das lebende Herz die Ursache des flüssigen Zustandes des Blutes sei, einiger Abbruch geschieht. Aber man kann aus einem jener Versuche doch mit einem hohen Grade von Wahrscheinlichkeit folgern, dass er gegen die Richardson'sche Hypothese spricht. Brücke liess (a. a. O. S. 99) Blut von einer Schildkröte 15 Minuten lang offen an der Luft stehen und erhielt es durch Kälte flüssig. Man darf doch wohl annehmen, dass es in dieser Zeit sein flüchtiges Ammoniak an die umgebende Luft abgegeben hatte, mindestens doch einen guten Theil. Hierauf bliess B. das Blut wieder in das Herz, dessen Arterien schon unterbunden waren, und schloss dann auch die Venen mit Ligaturen. Jetzt schnitt er es heraus und brachte es in einen Raum, der 3000 Cubikcentimeter feuchter Luft enthielt von + 18° C. Nach $5^1/_2$ Stunden war das Blut noch ganz flüssig und gerann dann an der Luft vollständig. — Alle Versuche, die Brücke angestellt hat, müssen in Bezug auf den Ammoniakgehalt des Blutes noch einmal wiederholt werden; denn kann es nicht sein, dass das Blut der Chelonier mehr enthält und dass es so lange im unterbundenen und ausgeschnittenen Herzen flüssig bleibt, weil sich nachträglich noch mehr Ammoniak entwickelt? Sah er z. B. (S. 86) Blut einer Schildkröte, das im Herzen eingeschlossen seinen Sauerstoff verbraucht hatte, ganz schwarz werden und langsamer als sonst gerinnen, so muss man daran denken, dass es zwar mehr Kohlensäure, aber auch möglicherweise mehr Ammoniak durch die stattgehabten Oxydations-Vorgänge beherbergte und dass beide Agentien den Uebergang des Fibrin aus dem flüssigen Zustande in den festen verzögerten. — Aehnlich ist es da, wo Brücke das Blut eines Thieres, wenn es längere Zeit nach dem Tode aus den Gefässen herausgelassen wurde, später gerinnen sah als sonst zur Zeit der Gesundheit; auch hier kann

Kohlensäure und Ammoniak sich entwickelt haben. Ein Umstand macht jedoch diesen Einwurf unhaltbar. Wollten wir annehmen, dass sich im Blute, das sich im Herzen eingeschlossen befindet, Ammoniak entwickelt, so müsste dies bei einer höheren Temperatur mehr der Fall sein als bei einer niedrigen, dort müsste also das Blut länger flüssig bleiben als hier. Die Versuche von Brücke lehren aber, wie ich später zeigen werde, das gerade Gegentheil.

Indem ich später die von Richardson noch weiter angestellten Experimente von dem Gesichtspunkt aus prüfen werde, ob sie sich besser nach meiner Theorie der Faserstoffgerinnung erklären lassen, will ich vor der Hand auf einige Unwahrscheinlichkeiten aufmerksam machen, die seine Hypothese einschliesst. Wir wissen, dass das Blut im Herzen, in Gefässen, in Aneurysmen u. s. w. gerinnen kann, überall da, wo es zum Stillstand gebracht wird oder wo es mit rauhen Stellen in Contact tritt. Es bilden sich Gerinnungen im lebenden Blute, wenn Quecksilber in dasselbe gespritzt wird und Brücke hat durch sehr ingeniöse Versuche gezeigt, dass das Blut an jeder Stelle gerinnt, wo es von der Gefässwand abgeschnitten wird. Lassen sich alle diese Thatsachen wohl mit Hülfe der Richardson'schen Hypothese erklären und waren sie nicht geeignet, den englischen Preisrichtern das Auge über deren Unrichtigkeit zu öffnen? Nicht, dass diese Brücke's Arbeit nicht den Preis zuerkannt haben, wäre ihnen zum Vorwurf zu machen, wohl aber dass sie ihn, trotzdem dass sie durch die in ihr enthaltenen und zu ihrer Kenntniss gelangten Thatsachen eines Bessern hätten belehrt sein sollen, dem Landsmanne gegeben! Wie soll das Ammoniak entweichen oder an Ort und Stelle neutralisirt werden, wenn Brücke in eine grosse Arterie eine offene Glasröhre einbrachte oder wie will man sich die Sache denken, wenn man das Blut um einen Platindraht oder ein Quecksilberkügelchen geronnen findet? Um die Gerinnung des Blutes in Exsudaten und Extravasaten zu erklären, greift Richardson zu einer neuen Hypothese; er nimmt an, die flüchtige Ammoniakverbindung werde resorbirt; aber sehen wir nicht die Gerinnung in den meisten Fällen schon zu der Zeit eintreten, wo nur noch Exsudation statt hat und noch keine Resorption begonnen hat? Man verfolge doch nur den Verlauf eines Exsudats, das sich in einer Vesicator- oder Brandblase bildet und man wird finden, dass sie zur Zeit, wo man an der sich einstellenden teigigen Beschaffenheit derselben den Moment der eingetretenen Gerinnung constatiren kann, denselben Umfang hat wie vor-

dem. — Soll eine Hypothese einen Platz in der Wissenschaft erhalten und soll sie zur Theorie erhoben werden, so muss sie alle Erscheinungen vollständig erklären: die Richardson'sche Hypothese thut dies gerade für die meisten im lebenden Kranken statthabenden Gerinnungen nicht, sie ist also nicht nur zu eng, sondern sie ist als falsch zu betrachten. Es muss an ihrer Stelle eine andere gesucht werden, welche alle Phänomene, die die Gerinnung des Fibrin darbietet, in gleich guter Weise erklärt.

Indem Richardson seine Ammoniakhypothese als richtig annimmt, sucht er einige die Differenzen der Blutgerinnung betreffende Thatsachen durch sie zu erklären, aber es wird sich zeigen lassen, dass man wenig Veranlassung hat, diesen Versuchen Vertrauen zu schenken. Wäre bewiesen, entweder durch die quantitative chemische Analyse oder auch nur mittelst des Reagenspapiers oder des mit Salzsäure befeuchteten Glasstabes, dass das langsam gerinnende Blut der Chelonier, Frösche, Pferde oder das von Kranken, schwangeren Frauen u. s. w. mehr flüchtiges Ammoniak enthält als das schneller gerinnende, so möchten wir uns durch solche Thatsachen wohl für die Richardson'sche Hypothese einnehmen lassen; aber er hat weder den factischen Nachweis geliefert, dass solche quantitative Differenzen existiren, noch hat er Thatsachen beachtet, die geeignet waren, ihn in seinen Schlussfolgerungen zur Skepsis anzuregen. Wir wissen dass das arterielle Blut der Thiere und Menschen schneller gerinnt als das venöse, Ausnahmen dürften zu den allergrössten Seltenheiten gehören und wo sie vorkommen, muss erst untersucht werden, ob sich die Beobachter nicht geirrt haben. Denn konstatirt man die Zeitdifferenzen, wo die Gerinnung bei den Blutarten beginnt, an dem Blute selbst, so ist man, weil dasselbe nicht durchsichtig ist, wider Willen Täuschungen ausgesetzt. Selbst die Gefässe, die man anwendet, können Differenzen bewirken, die Oberfläche des einen kann rauher sein als die des anderen u. s. w. Es hat allerdings etwas für sich, die Unterschiede in der Gerinnung des venösen und arteriellen Blutes auf ein Plus und Minus der flüchtigen Ammoniakverbindung zurückzuführen, indem man geltend macht, dass das venöse Blut beim Passiren der Lungenkapillaren Ammoniak an die zu exspirirende Luft abgiebt, wodurch das arterielle ärmer daran werden muss. Allein ich habe schon 1850 im I. Heft meines Archivs für Pathol. u. Therapie einen Versuch mitgetheilt, der ganz entschieden gegen diese Auffassung spricht und ich finde jetzt, dass auch Pratre schon ähnliche That-

sachen beigebracht hat. Ich fing gleiche Mengen arterielles und venöses Blut zu gleicher Zeit in einer gleich starken und grossen Lösung von Bittersalz auf; nachdem sich die rothen Blutkörperchen und auch die grössere Menge der farblosen hellen zu Boden gesenkt hatten, nahm ich gleiche Quantitäten der serofibrinösen Flüssigkeit und vermischte sie mit gleichen Theilen Wasser; aber auch hier begann das Fibrin des arteriellen Blutes eher in den coagulirten Zustand überzugehen als dort und man muss doch zugeben, dass es sein flüchtiges Ammoniak ebenso gut an die umgebende Luft verflüchtigt haben konnte wie das venöse. Pratre (H. Nasse, Artikel Blut in Rud. Wagner's Handwörterbuch, S. 118) hat dasselbe Verhalten des in Salzlösungen aufgefangenen Blutes beobachtet, wenn er die erste und letzte Portion eines sich verblutenden Thieres in derselben Weise untersuchte; der Faserstoff der ersten Portion gerann immer später als der der letzten. In diesen Versuchen kann keine Täuschung stattfinden, man kann die allerersten Anfänge der Gerinnung und ihr letztes Ende genau constatiren; es folgt daraus aber auch, dass der Grund der Differenzen in etwas Anderem liegen muss als in einem unmöglichen Plus oder Minus an Ammoniak. Man kann ihn nur in einer qualitativen Differenz der verschiedenen Blutsorten selber suchen, in der leichteren oder schwierigeren Möglichkeit der Selbstzersetzung, resp. Bildung eines Contactkörpers, der den Faserstoff aus dem flüssigen Zustande in den coagulirten überführt.

Dass ein constatirter bedeutender Gehalt des Blutes an Ammoniak, wo er sich unter krankhaften Zuständen, wie z. B. in der Cholera, im Typhus, bei putrider Infektion, Uraemie u. s. w. vorfinden mag, nicht nur die Gerinnung des Blutes verzögern, sondern auch den Faserstoff so umändern kann, dass er seine Fähigkeit zu gerinnen überhaupt verliert, soll von mir nicht bestritten werden. H. Nasse hat einmal ein Blut beobachtet (a. a. O., S. 114), welches einem Typhus-Kranken entzogen war, langsam und unvollständig gerann. Am Tage darauf war es wieder flüssig geworden. Sowohl C. Schmidt als auch ich haben in der asphyktischen Cholera ein Blut analysirt, welches in 1000 Th. nur 0,4 bis 0,8 Faserstoff enthielt, obwohl es der Eindickung des liquor sang. entsprechend 4 bis 6 Th. hätte besitzen sollen. Das von mir untersuchte Blut war pechschwarz, bildete einen Gelée artigen Blutkuchen und man darf wohl annehmen, dass sein Faserstoff nicht nur am Gerinnen gehindert, sondern durch aus Harnstoff entstandenes kohlensaures Ammoniak seiner spezi-

fischen Eigenschaft, gerinnen zu können, gänzlich beraubt war. Denn wäre Ersteres der Fall gewesen, so würde das an der Luft offen dastehende Blut, indem es sein Ammoniak verflüchtigte, eine nachträgliche Gerinnung gezeigt haben; es ist sogar wahrscheinlich, dass solch Blut kontinuirlich noch kohlensaures Ammoniak bildet, so weit dies der vorhandene Harnstoff zulässt, und dass sich das bereits geronnene Fibrin dadurch wieder auflöst. Der Faserstoff wird in jedem Blutkuchen, je länger er sich selbst überlassen bleibt, in Salpeterwasser immer leichter auflöslich, wie ich in meiner Abhandlung über diesen Blutbestandtheil im Arch. f. physiol. Heilk. (1845, S. 385) gezeigt habe; es mag daran theils die fortschreitende Fäulniss, vielleicht aber auch eine Entwickelung von Ammoniak Schuld sein, welche die Cohäsion des geronnenen Fibrin lockert. Einmal habe ich ein Blut von einem Kranken mit Hals- und Lymphdrüsen-Entzündung gesehen (S. meine Schrift über die Analyse des Blutes, S. 350), das langsam gerann und eine Faserhaut bildete, aber in 1000 Th. nur 0,89 Faserstoff enthielt. Besass dieser Kranke in der Gesundheit nicht mehr Fibrin oder war es hier ebenfalls durch einen wirklichen Gehalt an Ammoniak seiner Gerinnungsfähigkeit beraubt worden? Sehr bedeutend können übrigens die Mengen, die im Blute möglicherweise vorkommen, nicht sein, denn wir finden die Blutkörperchen selbst im Cholerablute, dessen Faserstoffgehalt nur 0,4 beträgt, vollkommen wohl erhalten, während sie, wenn wir 1 Unze Blut in 2 bis 3 Tropfen liquor amon. caust. auffangen, ihre Form schon verändern und ihr Haematin theilweise an den liquor sang. abgeben. Es ist auch vielleicht ein Unterschied, ob sich das Ammoniak allmählich im cirkulirenden Blute aufhäuft, oder ob es plötzlich mit den Blutkörperchen in Berührung tritt, wie dies beim Auffangen desselben in einigen Tropfen Ammoniak mit dem ersten Blute nicht anders sein kann. Ausserdem lenke ich die Aufmerksamkeit derjenigen, welche die Ammoniakhypothese weiter verfolgen wollen, auf andere Verbindungen desselben; wird die Gerinnung des Blutes in der Cholera, Uraemie u. s. w. wirklich durch ein Ammoniaksalz verzögert, so untersuche man, ob sich neben der normalen flüchtigen Ammoniakverbindung noch phosphorsaures oder cyanichtsaures Ammoniak im Blute befindet; letzteres ist in seiner procentischen Zusammensetzung mit dem Harnstoff identisch und kann aus ihm entstehen.

Ich muss es für unrichtig erklären, wenn Richardson behauptet, dass $\frac{4}{2000}$ Th. Ammoniak die Gerinnung des Blutes $\frac{1}{2}$ Stunde verzögert, und dass 1 Gran Ammoniak, worin man

eine Unze Blut aufgefangen hat, an dem mit Salzsäure befeuchteten Glasstabe nicht mehr zu erkennen sei. Sowohl Pratre als auch Nasse haben auf so geringe Zusätze von Ammoniak sogar eine Beschleunigung, ich mindestens nur eine Verzögerung der Gerinnung gesehen, wie sie beim speckhäutigen Blute vorkommt, aber ich habe das Ammoniak selbst nach der Gerinnung jetzt nachweisen können.

Da das Ammoniak als ein starkes Antisepticum bekannt ist, so hat auch Richardson gefunden, dass es das Blut lange vor der Fäulniss schützt; es wäre in der Ordnung, hieraus folgenden Schluss zu ziehen: weil das Ammoniak das Blut vor der Selbstzersetzung und Fäulniss schützt, darum verzögert es oder hebt es die Gerinnung des Fibrin auf. Wollten wir also annehmen, dass die flüchtige Ammoniak-Verbindung des Blutes von einigem Einfluss auf den flüssigen Zustand desselben ist, so könnte man nur annehmen, dass sie dasselbe vor der Selbstzersetzung schützt. Aber dass dieser Einfluss entweder gar nicht oder nur in einem kaum wahrnehmbaren Grade besteht, geht aus den oben citirten Beobachtungen hervor, dass nämlich schon die doch sehr glatte Oberfläche eines Quecksilberkügelchens im circulirenden Blute genügt, um das Fibrin auf eine gewisse Entfernung hin zum Gerinnen zu bringen. Dagegen können wir auf die Untersuchungen von E. Brücke hin dreist annehmen, dass das Blut vor der Selbstzersetzung durch die innere Gefässmembran bewahrt wird; sowie sich diese in ihrer Constitution, also auch in ihren Lebenseigenschaften ändert oder sowie das Blut des Contaktes mit der unversehrten Gefässwand beraubt wird, verfällt es einer Art chemischer Zersetzung, wobei sich wahrscheinlich ein Contaktkörper bildet, der statu nascenti den Faserstoff des Plasma in den coagulirten Zustand überführt. Hätte wirklich das wenige Ammoniak im Blute einen Einfluss auf das Fibrin, so ist er doch nicht so stark, als dass es jenen Vorgang aufhalten könnte, die Gerinnung erfolgt, nicht weil das Ammoniak entweicht, sondern trotzdem, dass es noch da ist!

Brücke hat leider, wie ich schon oben erwähnt, diesen Gedanken, obwohl er ihn andeutet, nicht verfolgt, er lässt es unentschieden, auf welche Weise die innere Gefässmembran das Blut vor dem Gerinnen schützt; ich hoffe aber, dass weitere Experimente, zu denen ich leider jetzt keine Zeit mehr habe, zu denen ich aber weiter unten einige Andeutungen liefern will, diese meine Erklärung rechtfertigen werden. Ich war auf einem ganz anderen Wege zu der Erkenntniss gelangt, dass die Selbstzersetzung des Blutes und der fibrinhaltigen

Flüssigkeiten den nächsten Grund der Gerinnung enthält und habe in dem citirten Aufsatz in Moleschott's „Untersuchungen" das Material mitgetheilt, auf dem meine Hypothese fusste. Es wird genügen, nur an einige Beobachtungen zu erinnern, um dann theils dieses oder jenes Experiment von Richardson von diesem Gesichtspunkte aus zu erläutern, theils Hypothesen, die in letzter Zeit über die Natur und Entstehung des Fibrin aufgestellt worden sind, widerlegen zu können.

Ich hatte beobachtet, dass eine Salzlösung, z. B. von Bitter- oder Glaubersalz, das Blut zwar flüssig erhalten kann, dass man aber doch auch öfter beobachtet, dass es nach einiger Zeit von selbst gerinnt, ohne dass es oder die von ihm abgeschöpfte serofibrinöse Flüssigkeit mit Wasser verdünnt war. Da ich diese Gerinnung zu einer Zeit eintreten sah, wo der Geruch und die vorhandenen Vibrionen deutlich anzeigten, dass die Fäulniss in jenen Flüssigkeiten bereits weit vorgeschritten war, da es ferner bekannt war und ich durch eine Reihe weiterer Untersuchungen bestätigt fand, dass faulende Materien die Gerinnung des durch Salze flüssig erhaltenen Blutes beschleunigen und da a priori der Annahme nichts entgegensteht, dass das Blut, sowie es ausser Cirkulation gesetzt wird, einer Selbstzersetzung anheimfallen muss, so war der Schluss, dass diese die Ursache der Fibringerinnung sei, wohl gerechtfertigt. Denn was kann sie anders in der serofibrinösen Flüssigkeit sein von Blut, das durch eine Salzlösung flüssig erhalten ist, da sich das Salz weder vermindert noch zersetzt haben konnte? Das etwa vorhandene Ammoniak war jedenfalls schon in einigen Stunden daraus entwichen, ja es ist nicht zu bezweifeln, dass sich neues in der faulenden Blutflüssigkeit gebildet hatte, das zwar auch entweichen konnte, aber auch nicht die Gerinnung aufhielt. Ich musste also schliessen, da ich nicht annehmen konnte, dass die Gerinnung des Fibrin durch eine grobe chemische Zersetzung des Fibrin selbst erfolgen kann, wodurch es Atome verloren hätte, dass dies als feste organische Verbindung intakt geblieben war, dass sich aber aus einem leichter zersetzbaren organischen Körper eine Contaktsubstanz bildete, welche die Atome des Fibrin sich anders zu lagern zwingt, womit die Coagulation desselben gegeben ist.

Oefter sieht man die Gerinnung des Blutes, das man in Glaubersalzlösung aufgefangen hat, noch eher eintreten, als deutliche Zeichen der Fäulniss sich wahrnehmen lassen. Liebig hatte solche Beobachtungen schon vor langer Zeit gemacht und auch ich habe in meiner Abhandlung über den Faserstoff im Archiv für physiol. Heilk. (1846) dergleichen mitgetheilt.

Es sind also die ersten Anfänge der Selbstzersetzung, die wir im gewöhnlichen Leben noch nicht Fäulniss nennen, welche die Gerinnung veranlassen; die Uebergänge von jener zu dieser sind aber so allmählig, dass man nicht sagen kann, wo diese beginnt und man hätte daher vom streng wissenschaftlichen Standpunkte aus Recht, statt von Selbstzersetzung von Fäulniss zu reden.

Es ist eine schon alte Beobachtung, die man jeden Tag bestätigt sehen kann, dass langsam gerinnendes Blut auch langsam fault. Das faserhäutige Blut der Kranken, das der Pferde, der Amphibien u. s. w. zeigt erst spät die Spuren deutlicher Zersetzung (Vibrionen, fauler Geruch, veränderte Blutkörper, Auflösung des Haematin), während das schnell gerinnende des Menschen und der Thiere das umgekehrte Verhältniss zeigt. Man kann nun aber doch nicht sagen, das Blut fault langsam, weil es langsam gerinnt, sondern es gerinnt langsam, weil die Fähigkeit in ihm zur Selbstzersetzung und Bildung des geeigneten Contaktkörpers geringer ist, als in dem schnell gerinnenden Blute. Dies Verhältniss ist so in die Augen springend, dass es auch Brücke nicht hat entgehen können, während wir in Richardson's gekrönter Abhandlung keine Andeutung davon finden, mindestens vermisse ich sie in dem mir zu Gebote stehenden Auszuge. Brücke sagt a. a. O. S. 95: „Die Gerinnung ist schon von mehreren Schriftstellern als der erste Schritt zur Selbstzersetzung bezeichnet worden. Die Gründe dafür liegen zu Tage. Die Gerinnung wird verhindert durch den Einfluss des Lebens, und sie wird verhindert, wenn auch nicht absolut, durch niedrige Temperatur. Blut, welches spät gerinnt, geht auch spät in Fäulniss über." Er citirt hier eben so wenig den berühmten Fall von Polli und man muss sich, wie gesagt, nur wundern, dass Brücke diesen richtigen Gedanken nicht, nachdem er bewiesen, dass die innere Gefässhaut, so lange das Herz und die Gefässe noch Lebenszeichen von sich geben können, die Gerinnung verhindert, speziell von diesem Gesichtspunkte aus weiter durchgeführt hat, wie ich es gethan habe. Ich konnte mich in meiner Abhandlung auch auf diese Thatsache berufen und ich habe sie im Grossen und Ganzen richtig erklärt; ich werde auch insofern Recht behalten, dass die Blutkörperchen, namentlich die gefärbten, von Einfluss auf die Gerinnung des Blutes sind, da sie durch ihr Absterben und die damit Hand in Hand gehende Zersetzung die Bildung des Contaktkörpers beschleunigen. Brücke hat zwar durch Versuche bewiesen, dass die Blutkörperchen nicht positiv dazu beitragen, dass das

Blut flüssig bleibt, während es circulirt oder nachdem es das Gefässsystem verlassen hat, allein das lässt sich beweisen, dass mit dem Aufhören ihres Lebens die Zersetzung auch des Plasma dem entsprechend vorschreitet.

Setzen wir zu einer durch Bittersalzlösung flüssig erhaltenen und mit Wasser verdünnten serofibrinösen Flüssigkeit faulende Substanzen, z. B. faulendes Serum, Blut, faulen Faserstoff, Eiter u. s. w., so erfolgt die Gerinnung des Fibrin oft ungemein schnell, stets eher als in einer nicht so behandelten Portion. Ich habe solche serofibrinöse Flüssigkeit nicht mit Wasser, sondern mit Serum verdünnt und gefunden, dass sie doch schnell gerann. Aehnliches wusste man längst über die Wirkung faulender Materien auf das lebende, cirkulirende Blut, Aehnliches von den Exsudaten, die in die Lymphgefässe oder die Blutgefässe gelangen. Selbst altes destillirtes Wasser wirkt anders auf die serofibrinöse Flüssigkeit, als frisches, es beschleunigt die Gerinnung. H. Nasse sah einmal (R. Wagner's Handwörterbuch, I. Bd., S. 116), dass das Serum vom Schweineblut flüssig gebliebenes Leichenblut sehr schnell zum Gerinnen brachte, während Serum vom Blute eines Menschen und von einem Kalbe dies nicht that. Waren diese 3 Serum-Arten gleich frisch, so beweist jene Beobachtung, dass das vom Schweine mehr geeignet ist, einen Zersetzungsprocess in anderem Blute hervorzurufen und den Contaktkörper zu erzeugen; wäre sie nicht gleich frisch, sondern das Schweineblut älter und mehr in Fäulniss begriffen, so lehrt jene Beobachtung nur, was wir sonst schon wussten; es ist daher jenes Experiment mit dem Serum verschiedener Thiere und vom Blute aller Thierklassen zu wiederholen, da es geeignet ist, über die Natur des sich bildenden Contactkörpers Aufschluss zu erhalten. Schröder van der Kolk und Davy sahen Blut schneller gerinnen, wenn sie in dasselbe Stücke geronnenen Fibrins thaten; auch ich habe dasselbe gesehen, wenn ich in mit Wasser verdünnte serofibrinöse Flüssigkeit geronnenen Faserstoff warf, und ich finde, dass die Gerinnung um so eher erfolgt, je länger dieser in Wasser, an der Luft gelegen hat, also je fauler er geworden ist. Die faulenden Materien bewirken offenbar auf direkte Weise, was ohne sie von selber auf indirektem Wege geschehen wäre, sie rufen die Zersetzung der fibrinhaltigen Flüssigkeiten als Contaktsubstanzen hervor, während sich ohne sie die Zersetzung erst durch Einwirkung der Luft u. s. w. ausbildete. Sie beschleunigen die Bildung des Contactkörpers, der ähnlich, wie das Pepsin im Laab die Coagulation des Casein der Milch, die Gerinnung des Fibrin erregt.

Thatsachen, welche beweisen, dass die Selbstzersetzung des Blutes die nächste Ursache der Gerinnung ist, hat Brücke in seiner Arbeit in Menge geliefert. Er sah z. B. Blut von Cheloniern, wenn es in abgestorbene Arterien oder Herzen gespritzt wurde, schnell gerinnen, offenbar, weil sie nicht nur die Zersetzung nicht hinderten, sondern als selbst in Fäulniss begriffen sie sogar beförderten. Blut von Fröschen, das sich im Herzen abgeschlossen befunden hatte und seines Sauerstoffes gänzlich beraubt war, bedurfte des Zutrittes der atmosphärischen Luft, um zu gerinnen, ohne Zweifel deshalb, weil ohne Sauerstoff die Bildung des Contactkörpers nicht vor sich gehen kann. Brücke sah das Blut einer Schildkröte in unterbundenen Herzen bei einer Temperatur von 1—$1^1/_2{}^0$ C. 6—8 Tage flüssig bleiben, bei 10^0 C. drei und bei 24^0 C. nur einen Tag. Man kann doch nicht behaupten, dass das Herz und das Blut bei einer Temperatur von 1^0 C. sein Leben besser bewahrt als bei + 10^0 C., es folgt vielmehr aus diesen Versuchen mit unumstösslicher Evidenz, dass nur die bei dem Gefrierungspunkt auf ein Minimum gehaltene Zersetzung die Gerinnung so lange verzögert, während eine hohe Temperatur jene und damit auch diese sehr schnell befördert. Verliert das Herz bei + 24^0 C. seine lebendigen Eigenschaften eher als bei + 10^0 C., so beruht das eben darauf, dass die das Herz constituirenden Gewebe, Säfte u. s. w. bei jener Temperatur schneller die Reihe chemischer Zersetzungen durchmachen, deren schliessliches Resultat eben der vollendete Tod ist. S. 82 erzählt Brücke, dass er Blut von Fröschen in einer Frostmischung 8 Tage flüssig erhielt und dass es dann bei + 12^0 C. gerann; Pferdeblut, derselben Behandlung und einer Temperatur von — $^1/_2{}^0$ C. ausgesetzt, wobei es nicht gefror, fing erst nach 4 Tagen an zu gerinnen, die niedrige Temperatur wirkt also ähnlich den noch lebenden Gefässhäuten und worin kann diese Wirksamkeit anders bestehen als in der Niederhaltung der Zersetzung?

Richardson ist so frei, die langsamere oder schnellere Gerinnung des Blutes beim Menschen in Krankheiten, der verschiedenen Blutarten, des Blutes der Thiere u. s. w. auf einen grösseren oder geringeren Gehalt an flüchtigem Ammoniak zurückzuführen, ohne den Beweis dafür beigebracht zu haben, dass derselbe wirklich existirt. Wie viel müsste dann aber das langsam gerinnende Blut der Pferde oder gar der kaltblütigen Thiere enthalten, oder wie viel musste das Blut des Pneumonicus in dem berühmten Falle von Polli besessen haben, das erst nach 10 Tagen anfing zu gerinnen? Das sehr gute Aus-

sehen der gefärbten Bläschen, das Freisein des Liquor sang. von allem Haematin, der nicht wahrnehmbare Geruch sich verflüchtigenden Ammoniaks u. s. w. sprechen aber entschieden gegen jene Annahme. Es muss in der Qualität, vielleicht auch in den quantitativen Verhältnissen der Blutkörperchen und des ganzen Blutes liegen, dass das eine Blut grössere Neigung zur Selbstzersetzung besitzt, ein anderes weniger. Brücke fand bei seinen Versuchen, dass das Blut der Chelonier wohl in deren Herzen lange flüssig bleibt, Pferdeblut aber, das er durch Kältemischung am Gerinnen gehindert hatte, coagulirte im Herzen der Schildkröte bald (a. a. O., S. 173). Man untersuche nur das Blut der verschiedenen Thiere unter denselben Bedingungen auf sein Vermögen in Fäulniss überzugehen und man wird finden, dass in den Zeitdifferenzen eine entschiedene Uebereinstimmung herrscht im Verhältniss zu den Gerinnungszeiten. Was ich bisher in dieser Beziehung beobachtet habe am Blute des Menschen im gesunden und kranken Zustande, am Blute der Pferde, Hunde, der Vögel, der Amphibien, spricht entschieden dafür.

Betrachten wir von dem Gesichtspunkte aus, dass eine spätere Zersetzung im Blute u. s. w. die Ursache der Faserstoffgerinnung ist, einige Experimente von Richardson, ob sie sich danach ebenso gut erklären lassen, wie mit Hülfe seiner sonst unrichtigen Ammoniakhypothese. Richardson liess z. B. durch Ammoniak flüssig erhaltenes Blut aus 3 verschiedenen Gefässen und aus verschieden weiten Röhren ausfliessen, und fand, dass dasjenige zuerst gerinne, welches aus der engsten Röhre ausgeströmt war. Man muss zugeben, dass das Ammoniak hier die meiste Gelegenheit hatte zu entweichen, das Blut wurde am schnellsten davon befreit, das in ihm enthaltene Antisepticum war am frühesten entfernt, ganz natürlich, dass in ihm die Selbstzersetzung am ersten beginnen und beendigt sein konnte! — Neutralisirt man das Ammoniak vorsichtig, so beginnt auch die Gerinnung, offenbar weil das gebildete Salz weniger antiseptisch wirkt als das kaustische Ammonium. — Gerinnt das Blut unter der Luftpumpe eher, nachdem es durch Ammoniak flüssig erhalten war, so ist das auch einfach die Folge der schnelleren Verdunstung jenes Stoffes, aber noch Niemand hat bewiesen, dass das gesunde, unvermischte Blut schneller unter der Luftpumpe gerinnt als bei Behinderung des Entweichens der flüchtigen Ammoniakverbindung (s. H. Nasse, Artikel Blut, S. 112). Ich habe das Blut, welches in gut zu verschliessenden Gläsern aufgefangen war, ebenso schnell gerinnen gesehen wie das in

offenen Gläsern aufgefangene: vergleicht man verschieden grosse Portionen Blut bei einem Aderlass in Bezug auf ihre Gerinnungszeit mit einander, wie das wohl geschehen sein mag und hat man die kleineren in einem zu verschliessenden Gläschen aufgefangen, so kann dies eine Faserhaut bilden, während man sie dort nicht bemerkt und daraus kann man folgern, jenes sei länger flüssig geblieben. Dem ist aber so mit Nichten. Denn ein kleines Fläschchen wird schneller gefüllt als ein grosses, dort ist alles Blut in dem Moment der Füllung noch flüssig, hier beginnt das zuerst ausgeflossene Blut vielleicht schon zu gerinnen; dort können sich die Blutkörperchen senken, hier sind sie durch das Gewebe des Fibrin daran gehindert; dort kann also eine Faserhaut entstehen, hier nicht. Ueber alles dies würden wir uns in vollkommener Klarheit befinden, wenn das Blut eine klare, durchsichtige Flüssigkeit wäre. Sagt Richardson also, er habe Blut, welches unter solchen Cautelen aufgefangen war, dass es sein flüchtiges Ammoniak nicht so gut abgeben konnte als anderes und langsamer gerann, so ist noch erst zu prüfen, ob er seinen Versuch auch in exacter Weise angestellt hat. Wir wissen ausserdem, dass die erste Portion Blut immer langsamer gerinnt als die letzte, es können in den einzelnen Portionen Blut, die man während eines Aderlasses auffängt, ebenfalls Differenzen in der Gerinnung statthaben, es kann sogar die Beschaffenheit der innern Fläche in den verschiedenen Gläsern eine bald langsamere bald schnellere Coagulation bewirken, je nachdem sie weniger glatt ist u. s. w. — Wie will Richardson nach seiner Hypothese eben jene Thatsache erklären, dass bei einem der Verblutung geopferten Thiere die erste Portion langsamer gerinnt, als die letzte? Hat er in dieser weniger Ammoniak constatirt? Ich finde dagegen bei Versuchen, die ich dieserhalb angestellt habe, dass kein Unterschied im Ammoniakgehalt existirt, soweit dies die Salmiak-Nebel am Salzsäure-Glasstab ergeben, dagegen habe ich schon vor 13 Jahren nachgewiesen, dass sich der Salzgehalt während der Verblutung (S. Heller's Archiv, 1846, Heft 6) im Serum vermindern kann; die Chloralkalien erfahren dabei häufig noch eine Zunahme, diese wird aber verdeckt durch die Abnahme des kohlensauren Natrum, dem man einen Einfluss auf die langsamere oder schnellere Gerinnung, je nachdem es vermehrt oder vermindert ist, zuschreiben muss. Aber was das Wichtigste ist, so findet man, dass das Blut, welches zuletzt ausfliesst, früher die deutlichen Spuren der Fäulniss zeigt, namentlich kann man dies am Serum bemerken, dem man etwas Cruor beigefügt hat. Dieser lagert sich zwar

auf dem Boden des Gefässes ab, aber man bemerkt, dass sich das Haematin eher auflöst und in das Serum in die Höhe steigt als in ebenso behandeltem Serum des zuerst aufgefangenen Blutes. Die Erklärung für diese Thatsache ist vielleicht darin zu suchen, dass die Blutkörperchen der letzten Portion früher absterben und dass während der Verblutung in chemischer Metamorphose begriffene Eiweisskörper durch Resorption in das Plasma gelangen und dessen Selbstzersetzung beschleunigen. Sehr misslich sieht es ferner mit der Richardson'schen Hypothese aus, wenn man mit ihrer Hülfe erklären will, wesshalb das Blut, wenn es zum Gefrieren gebracht ist, gerinnt, nachdem es aufgethaut ist. Sollte es, bis es gefriert, und beim Aufthauen nicht sein flüchtiges Ammoniak verflüchtigen können, so dass es in dem Momente, wo es wieder flüssig wird, auch sofort coaguliren müsste? Spricht dagegen dies alte Experiment nicht entschieden zu Gunsten der Contakt-Theorie, mit der die obenerwähnten Versuche von E. Brücke übereinstimmen? — Wie will endlich Richardson die von allen Haematologen constatirte Thatsache erklären, dass der vom Cruor abgeschöpfte Liquor sang. langsamer gerinnt als dieser, da sich, wie man annehmen sollte, das flüchtige Ammoniak aus jenem besser verflüchtigen kann als aus diesem? Denn ist sie im liquor sang. vorhanden, so dürften die Blutkörperchen dem Entweichen desselben Hindernisse in den Weg legen, und müssten nicht nach jener Theorie die Schichten Blut zuerst gerinnen, die ihr flüchtiges Ammoniak am leichtesten abgeben können, so z. B. die obersten, während wir doch wissen, dass sich entweder noch eher oder gleichzeitig Gerinnungen an dem Boden und an den Wandungen des Gefässes bilden, welche die Entstehung des Contaktkörpers zu begünstigen scheinen oder selber als solche wirken? Gerade, dass das Blut an der Oberfläche zu gerinnen pflegt, namentlich, wenn es keine Faserhaut bildet, spricht für die Bildung eines Contaktkörpers durch Zersetzung eines Blutbestandtheils, denn hier kann sie mit Hülfe der atmosphärischen Luft um so schneller bewirkt werden, obwohl jedes Aderlassblut stets soviel Sauerstoff enthält, dass sie auch ohne Zutritt der Luft eingeleitet werden kann. — Aber diese im ganzen Blute angestellten Versuche über die Gerinnung sind, wie ich schon erwähnt, nicht so instructiv wie die an der serofibrinösen Flüssigkeit, die vom Blut abgeschöpft ist, das durch Mittelsalze flüssig erhalten war, und mit Wasser verdünnt wird; denn dort hat man aus der Vene oder Arterie ausgeflossenes Blut, das bei gleichmässiger Vertheilung einen ungleichmässigen Verlauf der Gerinnung zeigen muss,

hier muss er gleichmässig erfolgen und man sieht, wie ich schon in Moleschott's „Untersuchungen“ etc. bemerkt habe, dass die Gerinnung ebenso oft von oben her wie von unten beginnt.

Dass das Ammoniak den bereits geronnenen Faserstoff wieder aufzulösen im Stande ist, wussten wir längst, ich muss es aber als unrichtig bezeichnen, wenn Richardson behauptet, dass so wieder verflüssigtes Fibrin nach dem Verdampfen des Ammoniak in derselben Weise gerinnt, wie im Blute selbst. Ist das Lösungsmittel verflüchtigt, so ist es an sich klar, dass der Faserstoff in dem übrig bleibenden Wasser nicht gelöst bleiben kann, er gerinnt aber weder in homogenen Massen noch in Fasern, sondern in Molekülen, ähnlich wie das Albumin beim Kochen. Also auch dies Argument Richardson's für seine Hypothese fällt zusammen!

Wird Luft in die Vene geblasen, so gerinnt das Blut mitunter, zuweilen aber auch nicht. Wie will Richardson das positive Ereigniss mit Hülfe seiner Theorie erklären? Nach der meinigen ist dies sehr leicht. Die atmosphärische Luft, namentlich die in den Mund aufgenommene, wirkt auf das Blut wie eine septische Materie und die einzelnen Luftbläschen, um die sich die Gerinnungen bilden, wirken als Contaktkörper ähnlich wie die Quecksilberkügelchen. Dass die atmosphärische Luft die Fäulniss in organischen Materien schneller hervorruft als z. B. sehr erhitzt gewesene oder durch Baumwolle purificirte Luft, ist bekannt; wo sie ein zur Zersetzung hinneigendes Blut trifft, da erfolgt Gerinnung, wo das Blut weniger dazu disponirt oder wo die Luft weniger septisch war, kann es flüssig bleiben, indem es nicht zur Bildung des Contactkörpers kommt.

Ich habe schon in der oben citirten Abhandlung in Moleschott's „Untersuchungen“ (I. u. II. Bd.) die Frage meditirt, welcher Blutbestandtheil es sein möchte, durch dessen Metamorphose der Contactkörper entsteht, der die Gerinnung einleitet. Es muss allerdings ein im Plasma aufgelöster Stoff sein, aber ich habe jene Frage auf Grund mancher Beobachtungen dahin beantworten müssen, dass die gefärbten Blutbläschen, in specie deren Haematin, durch eine spätere Zersetzung seine Bildung am meisten zu beschleunigen im Stande sind. Ich habe beobachtet, dass Blut, welches durch Salze flüssig erhalten war, eher in dem unteren, die Blutkörperchen enthaltenen Theil gerann als in der darüber stehenden serofibrinösen Flüssigkeit, wenn es anfing, sich zu zersetzen; verdünnte ich gleiche Mengen solcher serofibrinösen Flüssigkeit mit gleichen Theilen Wasser und setzte ich zu der einen geringe Quantitäten Cruor,

so gerann auch diese eher als die andere, und diese Beobachtungen stimmen mit der schon oben erwähnten alten Erfahrung überein, dass der von Blutkörperchen freie Liquor sang. später gerinnt als der Cruor. — Die gefärbten Bläschen scheinen in der That die Zersetzung gewisser Plasma-Bestandtheile zu beschleunigen: nimmt man 2 Portionen Serum und thut zu der einen etwas Cruor und überlässt sie unter gleichen Verhältnissen sich selber, so wird man finden, dass diese eher die Spuren der Fäulniss zeigt als jene (Vibrionen, Albumin-Moleküle, fauler Geruch u. s. w.). — Worauf es beruht, dass gerade die Haematin-Zellen der Selbstzersetzung zuerst anheimfallen und die der übrigen Blutbestandtheile nach sich ziehen, muss spezieller untersucht werden; zunächst muss man daran denken, dass sie als die Sauerstoffträger selbst im venösen Blute noch O genug besitzen, um Oxydationen einleiten zu können, die überall da, wo das Blut dem Einflusse der lebendigen Zellen und Gewebe entzogen ist, von der Bahn der organisch-chemischen Umsetzungen, wie sie unter normalen Verhältnissen statt haben, abweichen. Je mehr Sauerstoff die Blutbläschen besitzen, um so mehr können sie zu solchen abnormen Umsetzungen von Protein-Körpern und sonst oxydablen Materien abgeben und um so energischer und früher werden sie vor sich gehen; desshalb vielleicht die schnellere Gerinnung des arteriellen Blutes, obwohl die Versuche mit dem durch Salze flüssig erhaltenen Liquor sang. beweisen, dass in der Qualität des Fibrin oder in Bestandtheilen jenes selber die Möglichkeit zur schnelleren Gerinnung gegeben sein muss. Entweder kann sich der Contactkörper im arteriellen Blute schneller bilden oder der Faserstoff hat weniger Kraft in sich, der ihm mitgetheilten Bewegung zu widerstehen. — Eine Reihe von Versuchen ist noch anzustellen, um zu entscheiden, ob in dem langsam gerinnenden Blute der kranken Menschen, der Thiere, z. B. der Pferde, der Chelonier u. s. w. die Ursache der Gerinnungs-Verzögerung in den Blutkörperchen oder im Faserstoff oder in der geringeren Neigung zur Bildung des Contactkörpers liegt. Die Sache ist hier nicht so einfach, wie sie auf den ersten Blick erscheint. Das langsam gerinnende Blut bildet bekanntlich in der Regel eine Faserhaut, aber man beobachtet auch langsam gerinnendes Blut, das entweder keine oder eine nur sehr schwache Faserhaut bildet. Dies beruht eben darauf, ob die Blutkörperchen ein grösseres Vermögen zur Rollenbildung und damit zur Senkungsfähigkeit besitzen; denn fehlt dies, so kann ein langsam gerinnendes Blut keine Faserhaut zeigen. Man beraube nur alle Sorten Blut durch Schlagen seines Faserstoffs und vergleiche

die Geschwindigkeit, mit der sich die Blutkörperchen im Serum senken und man wird finden, dass dies in manchem Blute in einer Stunde noch keine 2 Linien geschieht, während in anderem 2 Zoll beobachtet werden. Blut, welches langsam gerinnt, ohne eine Faserhaut zu bilden, kommt allerdings selten vor, entweder enthält es Bestandtheile, die den Faserstoff flüssig erhalten, z. B. die oben erwähnten Ammoniakverbindungen (Cholera, Typhus) oder die die Selbstzersetzung nicht recht aufkommen lassen, wohin auch gehört, dass die Blutbläschen keinen Sauerstoff enthalten, wofür in jenen Krankheitszuständen sowohl die schwarze Farbe des Blutes als auch andere Umstände sprechen. — Von diesem Blut müssen wir hier absehen; das meiste langsam gerinnende Blut bildet aber eine Faserhaut, weil die Blutkörperchen ein sehr lebhaftes Vermögen zur Rollenbildung besitzen und weil sie sich ungemein schnell zu Boden senken. Es entsteht nun die Frage, gerinnt das Blut langsam, weil sich die Blutkörperchen schnell senken, oder senken sie sich schnell, weil das Blut langsam gerinnt? Ich glaube, dass man die letztere Frage verneinen muss, aber auch dass man keinen Grund hat, überhaupt ein Verhältniss zwischen beiden Erscheinungen anzunehmen. Senken sich nämlich die gefärbten Bläschen schnell zu Boden, so dass der liquor sang. oben bleibt, so muss dieser langsamer gerinnen, weil die Blutkörperchen ihren Einfluss auf die Entstehung des Contactkörpers nicht so geltend machen können, als wenn sie den Faserstoff überall berühren. Sind die Blutkörperchen nun selber weniger geneigt, einer Selbstzersetzung zu verfallen, was wir annehmen dürfen, da ihr grösseres Vermögen zur Rollenbildung auf erhöhte Vitalität zurückschliessen lässt, so ist eben die langsame Gerinnung des speckhäutigen Blutes eine Folge der anders gewordenen Qualität der Blutkörperchen. In solchem Blute ist in der Regel auch die Zahl der gefärbten Bläschen vermindert, während die der farblosen Zellen vermehrt ist, jene können daher auch aus diesem Grunde nicht so wie sonst auf die Bildung des Contactkörpers wirken. Ob ausserdem den farblosen Zellen ein verzögernder Einfluss auf die Gerinnung zukommt, muss auch noch untersucht werden.

So lange die gefärbten Blutbläschen in ihrer Struktur unverschrt sind, so lange können sie ihre Einwirkung auf die Bildung des Contactkörpers doch wohl nur als Zellen geltend machen, deren Vitalität und chemische Constitution sich verändert hat. Ihr metabolischer Einfluss ist ein anderer geworden als im lebenden, circulirenden Blute; geht die Zer-

setzung in ihnen immer weiter, so dass sie ihre platte Form verlieren und kuglig werden und tritt ihr Haematin aus ihnen aus, so können sie noch intensiver auf die Zersetzung des Plasma und die Bildung des Contactkörpers einwirken. Man wird selten Plasma so rein erhalten, dass das Mikroskop nicht einige gefärbte Blutbläschen darin nachwiese und auch in fibrinhaltigen Exsudaten, die flüssig geblieben waren, wird man einige auffinden, resp. kommen sie erst beim Herauslassen aus den natürlichen Höhlen hinein. Mit der Lymphe und dem Chylus, die bei unversehrten Gefässen nicht gerinnen, wird dasselbe statt haben, es wird nicht gelingen, sie frei von gefärbten Blutbläschen zu erhalten und nun können sie gerinnen. Gerade diese Exsudate und die Lymphe beweisen, dass die gefärbten Blutbläschen von Einfluss sein müssen auf die Entstehung des Contactkörpers und dass auch dieser vorausgesetzt werden muss. Innerhalb der Gefässe und der serösen Höhlen konnte er sich nicht bilden, weil dazu der Sauerstoff fehlte und weil die lebenden Gewebe die Selbstzersetzung nicht aufkommen liessen: dass auch hier, wie Richardson annehmen mag, die Gerinnung erfolgt, weil sich flüchtiges Ammoniak entfernt hat, ist nicht bewiesen. Wir müssen annehmen, dass sich in jedem Plasma auch ohne Beihilfe der Blutbläschen der Contactkörper bilden kann, der die Gerinnung des Fibrin einleitet, da wir sehen, dass die serofibrinöse Flüssigkeit von Blut, welches durch Salze flüssig erhalten war, allmählig auch ohne Verdünnung mit Wasser gerinnt; allein es dauert lange, ehe alle die nöthigen Metamorphosen vollendet sind, bis es zur Entstehung jenes Contactkörpers kommt. Dieser Umstand ist die Veranlassung gewesen, dass derjenige Mann, von dessen Auftreten der jetzige blühende Zustand der Medicin datirt, die Hypothese aufstellte, in solchen erst nach der Einwirkung der atmosphärischen Luft gerinnenden Exsudaten oder sonstigen fibrinhaltigen Geweben (Lymphe, Chylus u. s. w.) existire kein Fibrin, sondern nur fibrinogene Substanz, die erst eben durch den Contact mit dem Sauerstoff der Luft zu Fibrin werde. Diese Hypothese mit Allem, was drum und dran hängt, in ihrer Verkehrtheit und Schädlichkeit für die ruhige Entwickelung der pathologischen Physiologie zu beleuchten, dürfte eine eigene Abhandlung in Anspruch nehmen; ich habe auch diese Kritik fertig liegen und es wird davon abhängen, ob sich Jemand jener Hypothese als Anwalt annehmen sollte, dass ich sie veröffentliche. Denn ihre Unhaltbarkeit liegt zu sehr auf der flachen Hand, als dass sie sonst nöthig wäre und es ist nur zu verwundern, wie sie ohne Widerspruch vor einem Publikum

vorgetragen werden konnte, dem man doch ein gereifteres und selbstständiges Urtheil zutrauen sollte.

Einen entschiedenen Beweis dafür, dass die Selbstzersetzung des Blutes den Anstoss zur Gerinnung giebt, finde ich in der von mir gefundenen Thatsache, dass durch Salz flüssig erhaltenes Blut bei derselben Verdünnung um so schneller gerinnt, je länger es offen an der Luft gestanden hat. Es kann dies doch nur darauf beruhen, dass das Blut, je länger es dasteht, um so mehr in Zersetzung übergeht; hat man jenes Blut in mehrere Portionen getheilt und lässt man die eine bei einer niedrigen Temperatur stehen, eine andere bei einer höheren, so habe ich gefunden, dass die Gerinnung desselben auf die Verdünnung mit Wasser, je nachdem später oder früher erfolgt u. s. w.

Andere chemische Vorgänge im Plasma anzunehmen, wodurch die Gerinnung des Fibrin bewirkt wird als die Bildung eines Contactkörpers, haben wir wirklich keine Veranlassung; so lange man nicht mit Brücke annimmt, dass überhaupt in dem liquor sang. keine präformirte Albumin-Art existirt, die eben durch ihre Gerinnung sich als Fibrin dokumentirt, ist man nicht genöthigt, an Entstehung von Säuren u. s. w. zu denken. Denn alles, was wir über die Coagulation des Serum-Albumin auf Zusatz von Säuren kennen, hat gar keine Aehnlichkeit mit dem, was wir an dem in homogenen Massen oder in Fasern coagulirenden Fibrin sehen; ausser diesem giebt es im Serum eine Albumin-Art, die beim Verdünnen derselben mit Wasser in Molekülen herausfällt, und noch eine andere, die durch Aether coagulirt wird. Der Faserstoff, wenn er durch Salze am Gerinnen gehindert ist, coagulirt auch durch Aether, ja selbst der durch Salze gelöste Faserstoff thut dasselbe, Momente, die ich in meiner Abhandlung über das Blutserum in Heller's Archiv pro 1845 und in meinen Aufsätzen über den Faserstoff im Archiv für physiol. Heilkunde besprochen habe. Es folgt daraus mit Evidenz, dass das Fibrin ein wohl charakterisirter organisch-chemischer Körper ist, der sich auch im flüssigen Zustande vom Albumin unterscheidet.

Drängt uns somit Alles darauf hin anzunehmen, dass sich im Plasma ein Contactkörper bildet, der in den Atomen des flüssigen Fibrin die Aenderung in ihrer Lagerung bewirkt, dass es diesen Zustand nicht mehr behaupten kann, sondern in den festen übergehen muss, so sind wir doch nicht im Stande, anzugeben, woraus er sich bildet und was er ist. Soviel dürfen wir aber behaupten, dass er sich selbst im gelösten Zustande befindet und darin verbleibt und dass er nur in statu nascenti

die Fähigkeit zu besitzen scheint, per contactum auf das Fibrin zu wirken. Es kann das ganze Serum-Albumin selber sein, welches eine Reihe chemischer Metamorphosen durchmacht; in dem Moment, wo sie eine gewisse Stufe erreicht haben, wirkt es als Contactkörper, sind sie über jene Stufe hinweg, so erlischt dessen metabolische Kraft. Den Beweis für diese Annahme finde ich in folgender Thatsache. Hat man serofibrinöse Flüssigkeit, die durch Salze am Gerinnen verhindert war, mit Wasser verdünnt und hat die Gerinnung schon eine Weile gedauert, so kann man durch Schütteln den Faserstoff zusammenballen und entfernen. Die Flüssigkeit ist jetzt so klar wie vorher, es dauert aber längere Zeit, ehe neue Trübung und Coagulation beginnt und man kann dieselbe auf eben diese Weise so oft unterbrechen als man will, bis alles Fibrin geronnen ist. Wäre der Contactkörper, der das Fibrin bis zur ersten Entfernung desselben zum Gerinnen gebracht hätte, noch wirksam, so müsste die Ueberführung des noch gelösten Fibrin sofort wieder beginnen. Das geschieht aber nicht, es muss sich erst neue Contactsubstanz bilden, deren kontinuirliche Erzeugung durch das Schütteln gehemmt war und die mit der einmal bewirkten Faserstoffgerinnung an Intensität und Extensität zuzunehmen scheint. Das einmal geronnene Fibrin scheint selber die Erzeugung jenes Contactkörpers zu vermehren, viel leicht auch die Ueberführung des noch übrigen in den festen Zustand, indem es ähnlich wie rauhe Stellen an den Gefässen oder wie ein Faden in einer krystallisirenden Mutterlauge wirkt. Ganz dasselbe kann man auch an Exsudaten sehen, die erst gerinnen, wenn man sie aus ihren Höhlen herausgelassen hat, was schon de Haën wusste (S. meine Abhandl. über den Faserstoff im Arch. für physiol. Heilkunde, 1846), nur dass derselbe nicht daraus folgerte, dass sie kein Fibrin, sondern nur fibrinogene Substanz enthalten. Setzt man zu solchen Exsudaten Blut oder faulende Flüssigkeiten, so kann man ihre Gerinnung sehr beschleunigen, Niemand wird aber behaupten, dass faulendes Serum fibrinogene Substanz in Fibrin umzuändern im Stande ist. Es zweifelt Niemand daran, dass es eine Reihe von Zwischenstufen zwischen dem Albumin und Fibrin giebt, im Serum selber mögen solche existiren (S. oben); aber es ist gewiss eben so sicher, dass die chemischen Vorgänge zu ihrer Bildung nur innerhalb des lebenden Organismus statt haben können, nicht auch ausserhalb desselben, da der Sauerstoff hier ganz anders wirken muss als dort. Es ist uns aber noch nicht geglückt, eine der vielen Metamorphosen-Stufen des Albumin zu Fibrin zu fixiren und zu studiren, wir sind

daher auch nicht in der Lage, einer solchen zum Unterschiede von anderen einen besonderen Namen zu geben. Insofern das Albumin der Ausgangspunkt zum Fibrin ist, müssten wir dieses fibrinogene Substanz nennen, damit wäre aber dem Schöpfer dieses Namens wenig gedient. — Wir gehen nicht weiter ein auf die Hypothese, dass sich in den entzündeten Geweben fibrinogene Substanz bildet, die in die Lymphgefässe und das Blut gelangend, hier zu Fibrin wird und dass der Faserstoff, den wir als Exsudat antreffen, an Ort und Stelle gebildet und nur noch nicht resorbirt ist. Diese und viele andere Hypothesen fallen von selbst, wenn, wie es den Anschein hat, die Bindegewebskörperchen ihrer Auflösung entgegengehen.

Zusatz

zu den auf S. 259 gemachten Mittheilungen

über

den geschlechtsreifen Zustand der Trichina spiralis.

Von

Rud. Leuckart.

Das mit den trächigen Darmtrichinen des Hundes gefütterte Schweinchen — keins der zwei mit trichinisirtem Fleische gefütterten Versuchsthiere — wurde am 3. März, in der fünften Woche nach der Fütterung, getödtet. Das Muskelfleisch desselben war durch und durch mit Trichinen besetzt, die der spätern Kapsel freilich noch entbehrten, trotzdem aber an Grösse nur wenig hinter der bekannten Trichina spiralis zurückstanden. Sechs Milligramm Muskel enthielten gegen 70 Stück — und doch war der Muskel noch keiner von denen, die am stärksten mit unserm Schmarotzer durchzogen waren. Die Gesammtzahl der Trichinen darf hiernach immerhin auf etwa 15 Millionen veranschlagt werden!

Begreiflich, dass bei der Unsumme dieser Parasiten die Gesundheit des Versuchsthieres bedenklichen Störungen unterlag. Schon am Tage nach der Fütterung stellten sich Zeichen einer Darmaffection ein, deren Natur nach den bei der Section sich herausstellenden Adhäsionen und Verklebungen der Darmschlingen nicht zweifelhaft sein kann. Später, etwa 8 Tage nach der Fütterung, als die Darmentzündung verschwunden, wurde die Stimme heiser — die Kehlkopfmuskeln waren besonders mit Trichina durchsetzt — und der Gang unsicher, und in den folgenden zwei Wochen steigerten sich die letzten Symptome zu einer vollständigen Lähmung der Extremitäten. Auffallender Weise verloren diese Erscheinungen in der letzten Zeit des Lebens an Intensität; das Thier begann sich wieder aufzurichten, machte sogar Gehversuche und würde vielleicht völlig genesen sein, wenn ich nicht, im Interesse des Experimentes, es zu tödten vorgezogen hätte.

Ich enthalte mich einstweilen aller weitern Bemerkungen über diesen Fall, da ich wohl hoffen darf, nach den neu

eingeleiteten Experimenten bald ein Ausführlicheres und Vollständigeres über unsere Schmarotzer mittheilen zu können. Nur das Eine will ich noch erwähnen, dass die Trichinen meines Schweinchens trotz der Abwesenheit der spätern Kapsel nicht frei zwischen den Muskelfasern lagen, sondern in Röhren eingebettet waren, die paralell mit den Muskelfasern verliefen und durch Dicke, wie Aussehen der Wandungen die grösste Aehnlichkeit mit dickern Capillaren besassen*). Wo die Würmer lagen, zeigten diese Röhren eine spindelförmige Erweiterung, die sich in die spätere Kapsel umwandelt.

Giessen, den 5. März 1860.

---

*) Trotz dieser Aehnlichkeit sind die betreffenden Röhren aller Wahrscheinlichkeit nach keine Blutgefässe, sondern veränderte Sarcolemmaschläuche. So wenigstens nach neuern Beobachtungen über die Wanderung der Embryonen, die auf directem Wege, durch die Leibeshöhle in die Muskelsubstanz des Körpers und nicht — wenigstens nach meinen bisherigen Erfahrungen nicht — durch die Blutwelle stattfindet. Diese Wanderung geschieht übrigens nicht bloss nach der Fütterung mit trächtigen Darmtrichinen, sondern (in Uebereinstimmung mit den bekannten Experimenten von Herbst) auch nach Einführung von Muskeltrichinen, so dass bei unserm Schmarotzer alle Stadien der Entwicklung in demselben Wirth durchlaufen werden. Wahrscheinlich dürfte eine solche Selbstansteckung in der Mehrzahl der Fälle von Muskeltrichinen stattfinden. Bei dem Menschen, der doch nicht selten Muskeltrichinen hat, ist die Darmtrichine allerdings bisher noch nicht beobachtet, doch spricht für deren Vorkommen der Umstand, dass sich Trichina nach meinen Erfahrungen in sehr verschiedenen Thieren (Katze, Maus, Kaninchen, Schwein, selbst Huhn) zur Geschlechtsreife entwickelt. Schon am achten Tage nach der Fütterung mit trichinisirtem Fleische findet man die Embryonen unserer Schmarotzer auf der Wanderung: frei in der Leibeshöhle, auf und unter dem Peritonealüberzuge, zwischen den Muskelfasern und sogar im Innern derselben, wobei der frühere Inhalt auf grosse Strecken zerstört wird. (Aehnliche Beobachtungen, wie die hier mitgetheilten, scheint auch Herr Prof. Virchow, und das theilweise schon vor mir, gemacht zu haben. Derselbe schreibt mir wenigstens aus den ersten Tagen dieses Monats, dass er die Embryonen der Trichina auf ihrer Wanderung beobachtet habe, und das in einem Kaninchen, welches einige Wochen vorher mit Muskeltrichinen gefüttert war.) Spätere Anmerkung vom 18. März.

Druckfehler:

S. 215. Z. 22 st. dennoch l. demnach.

WELLCOME LIBRARY INSTITUTE

Gedruckt boi E. Polz in Leipzig.

Fig. 5.

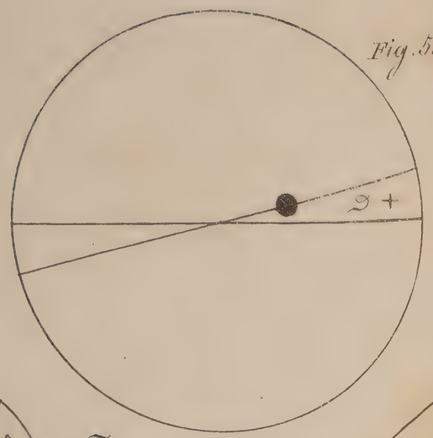


Fig. 1.

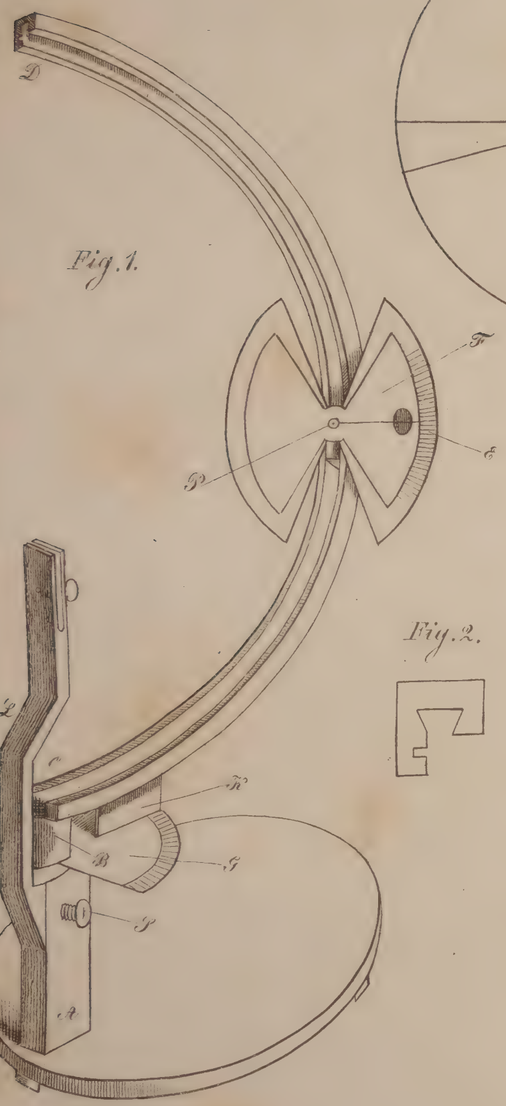


Fig. 2.

Fig. 3.

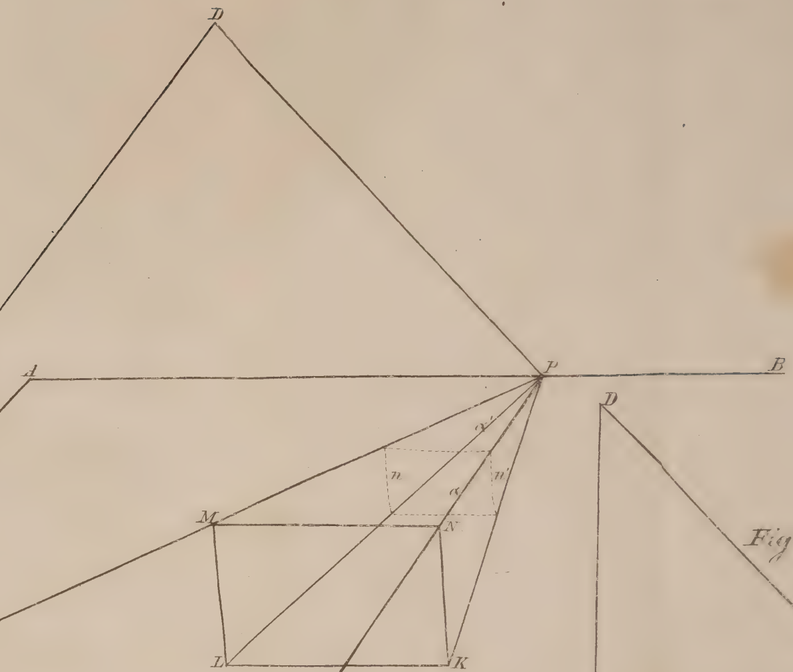


Fig. 6.

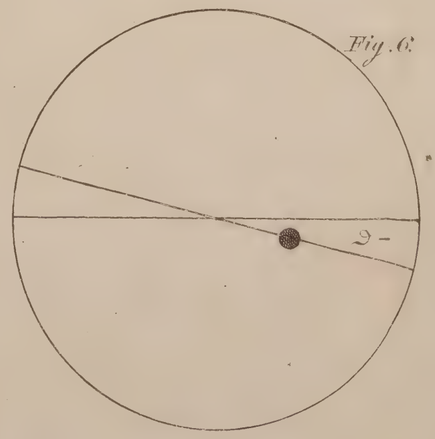


Fig. 4.

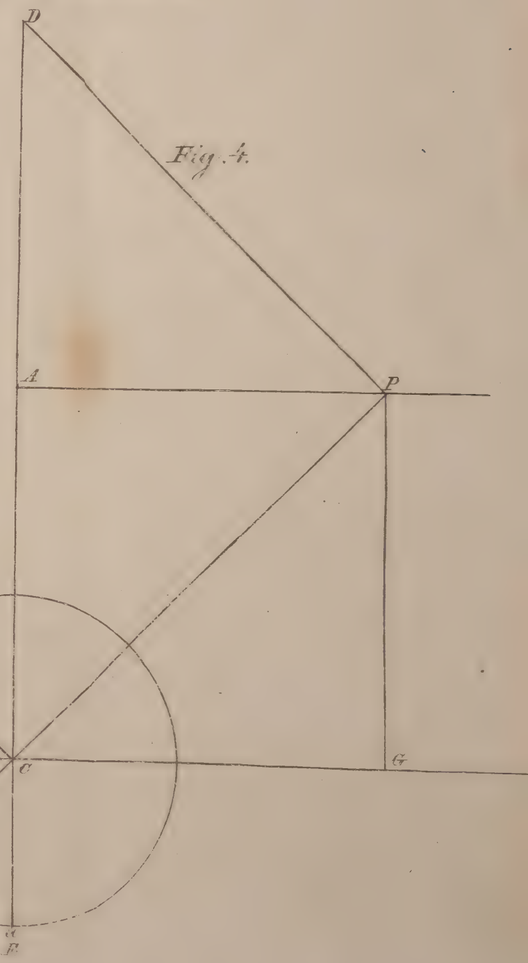


Fig. 1.

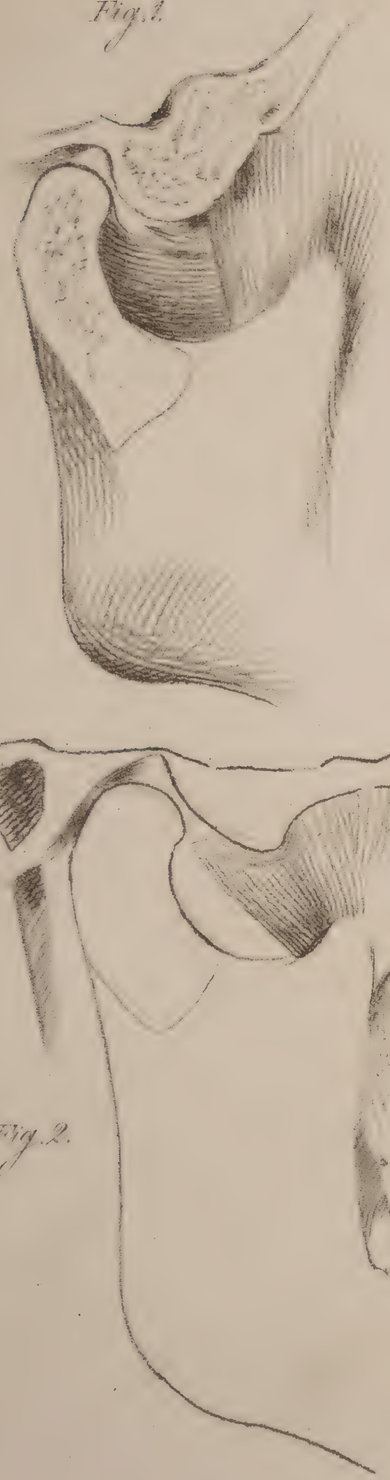


Fig. 2.

Fig. 5.

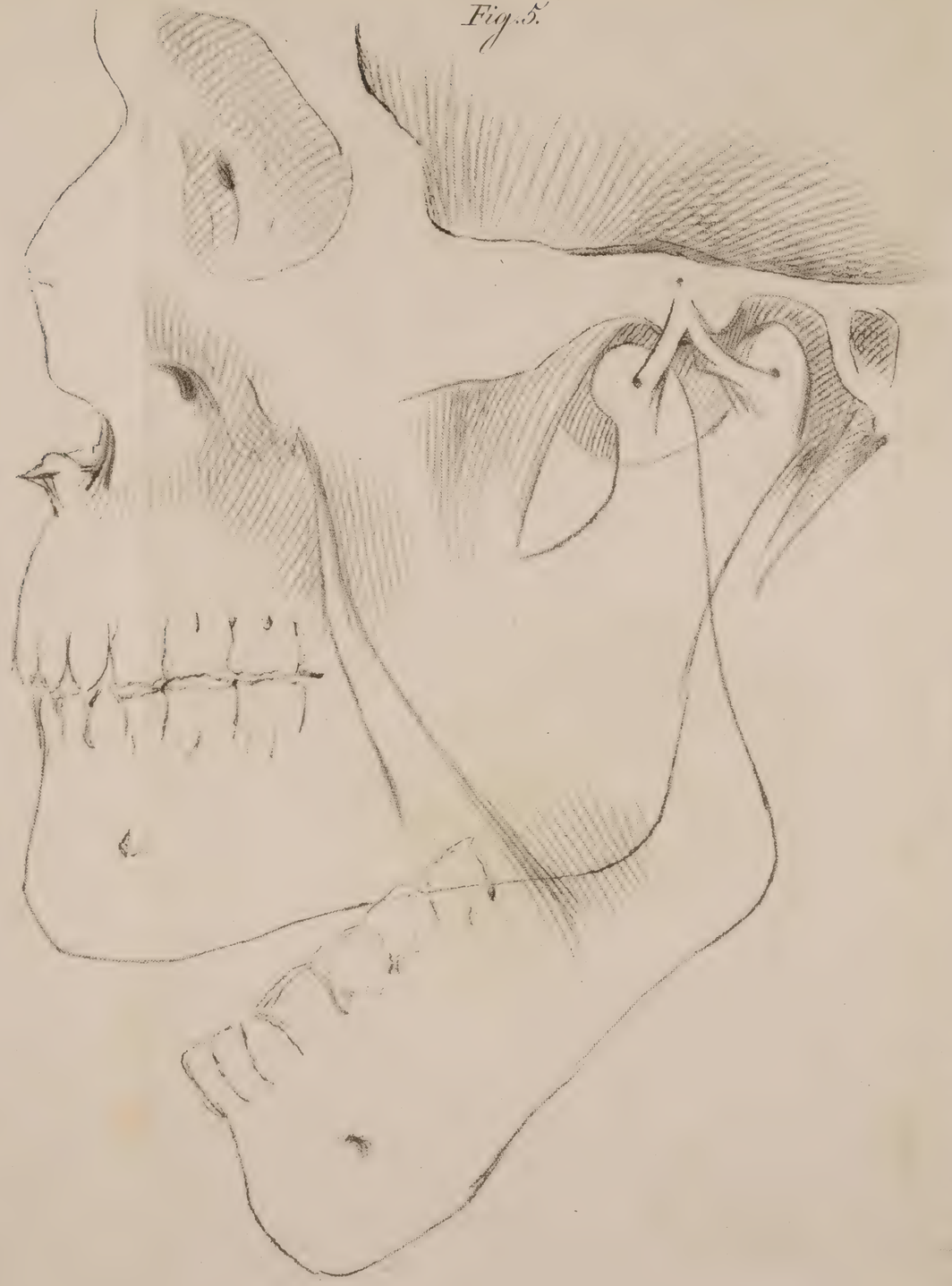


Fig. 4.

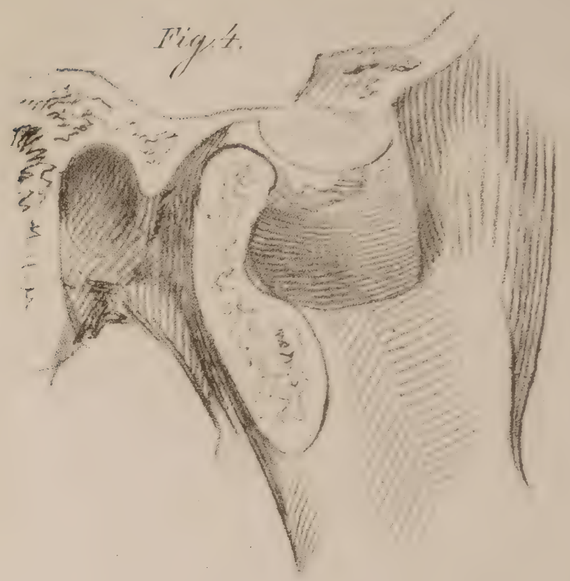


Fig. 3

W. Henke ad. nat. del.

Fig. 6.

Fig. 8.

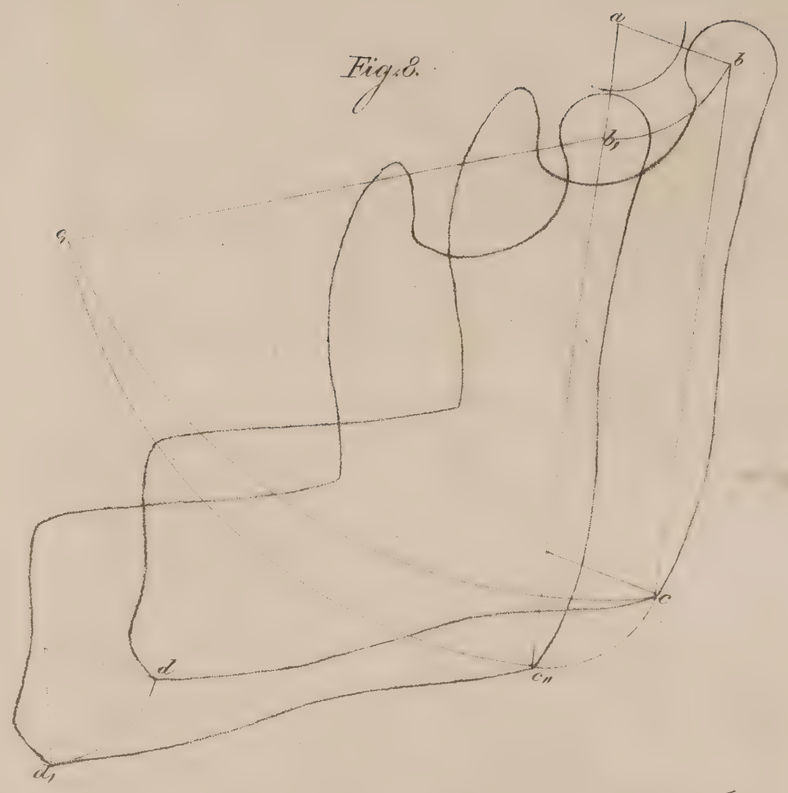


Fig. 10.

Fig. 11.

Fig. 7.

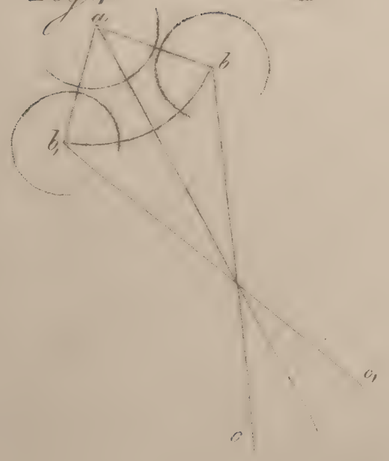


Fig. 9.

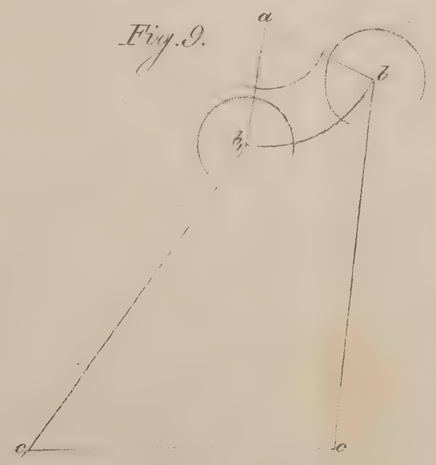


Fig. 12.

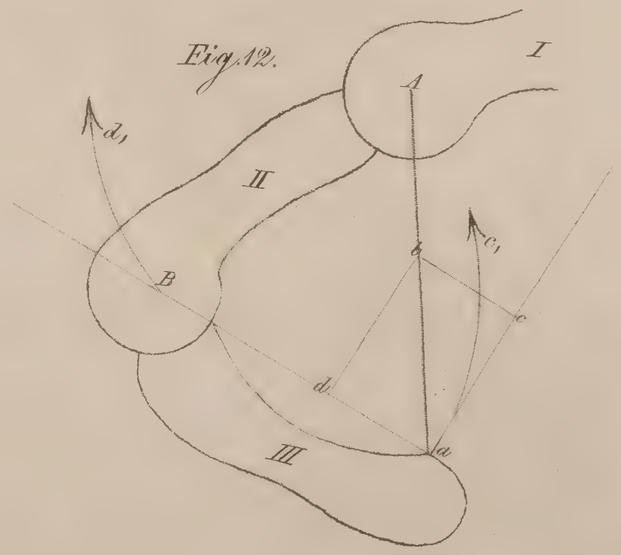


Fig. 13.

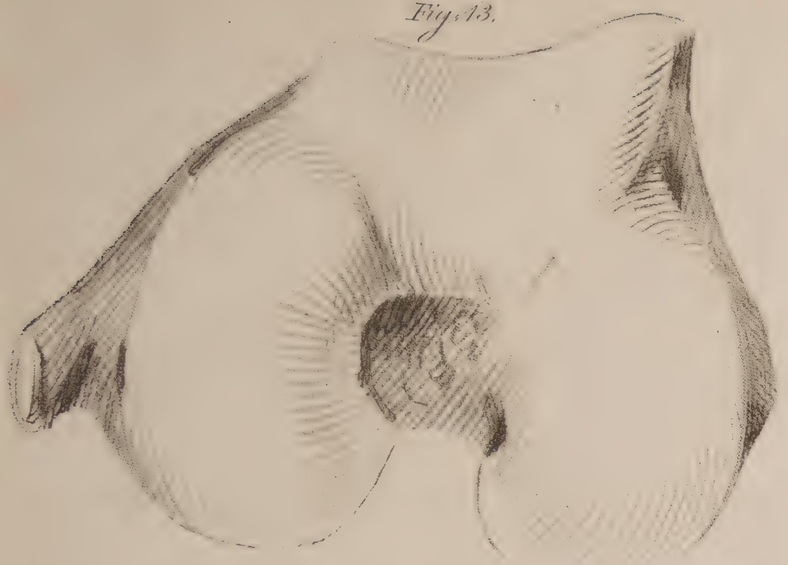


Fig. 16.

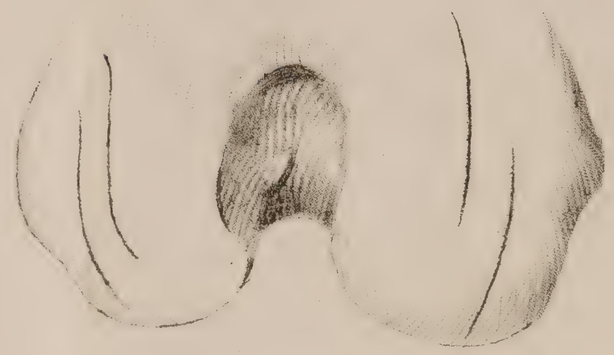


Fig. 17

Fig. 18.

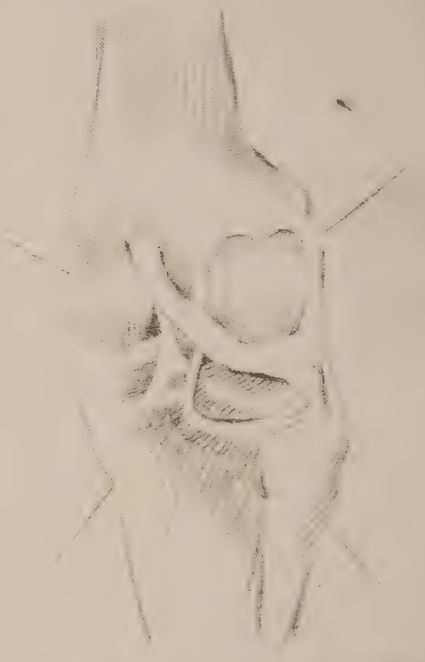


Fig. 14.

Fig. 15.

Fig. 19.

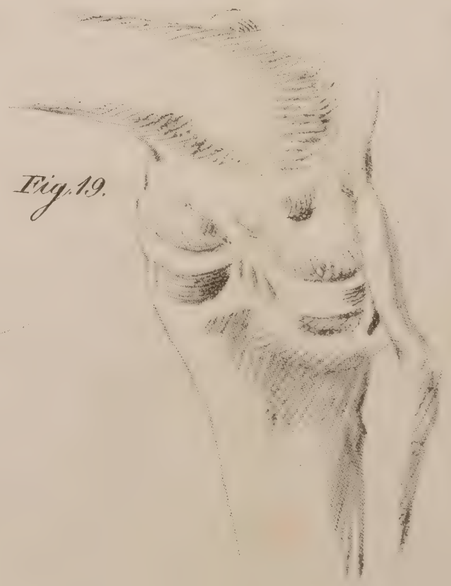


Fig. 20.

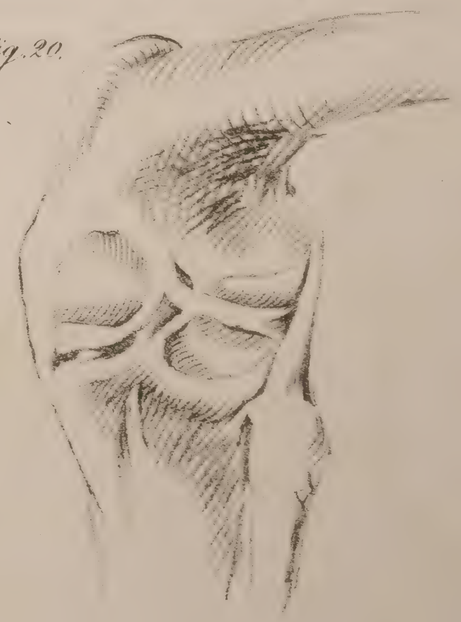


Fig I

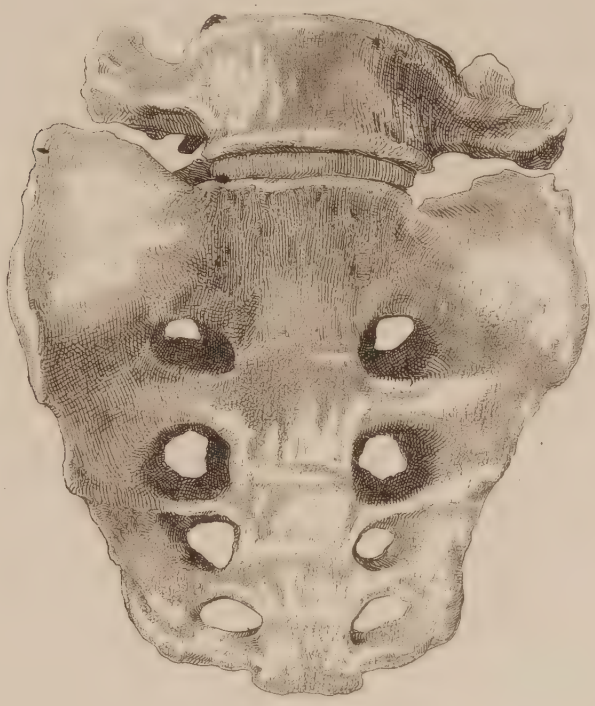
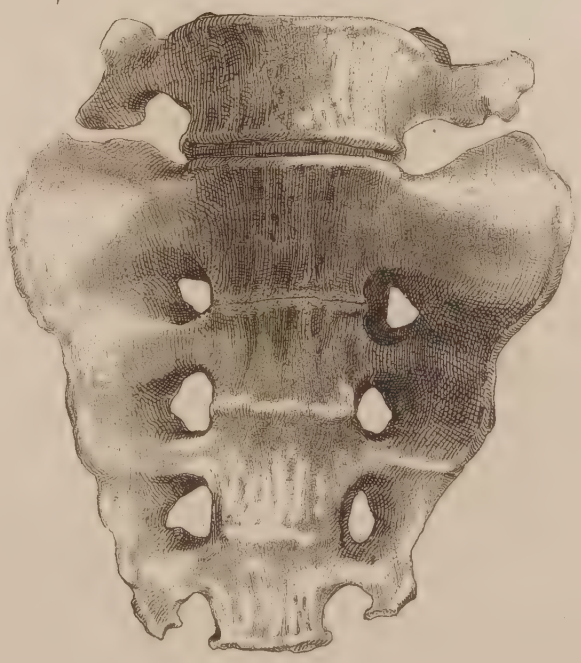


Fig II



a

b

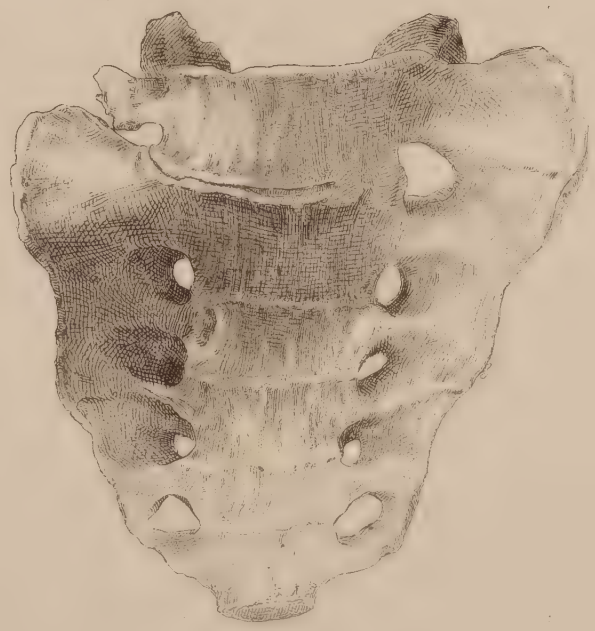


Fig. 1.

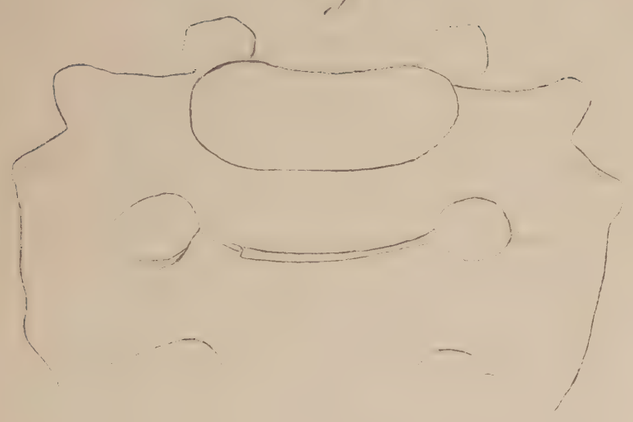


Fig. 2.

Fig. 3.

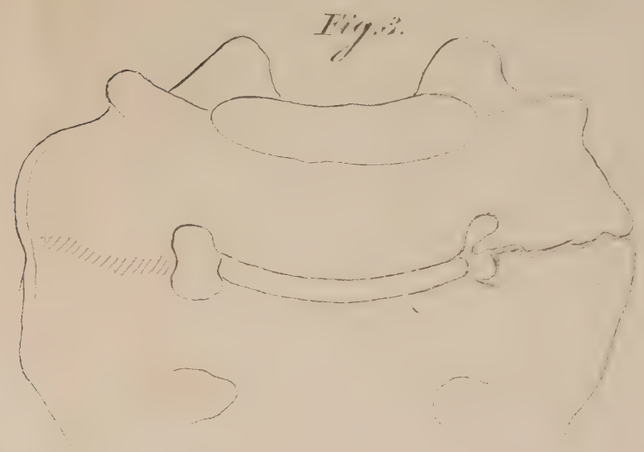


Fig. 4.

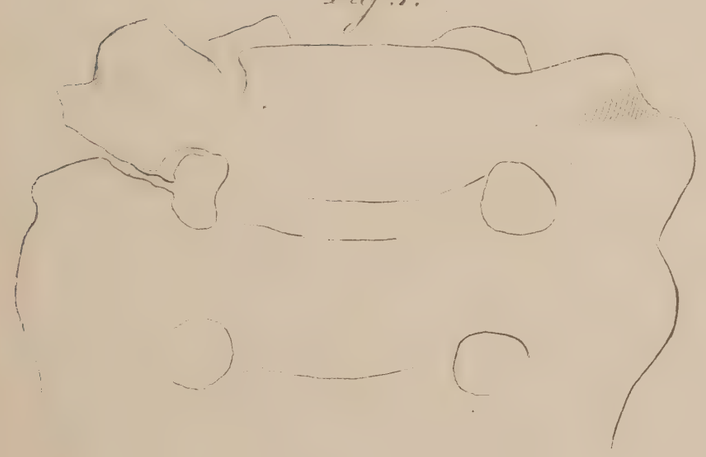


Fig. 5.

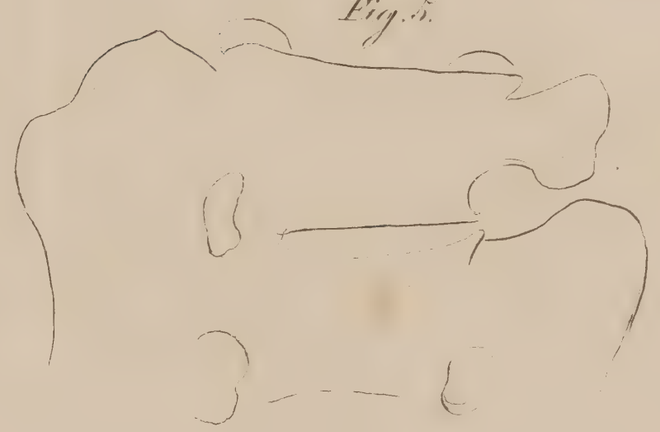


Fig. 6.

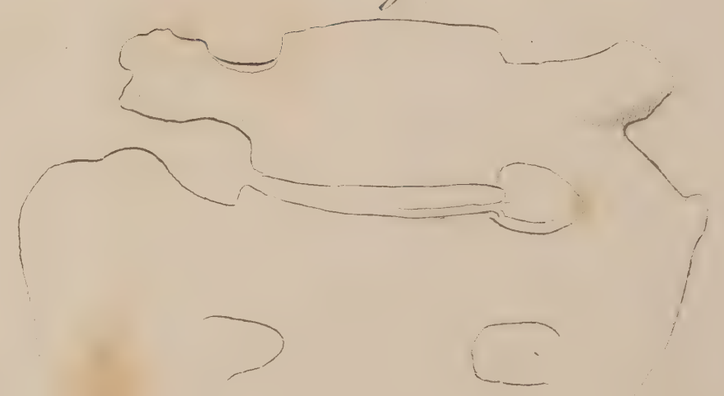


Fig. 7.

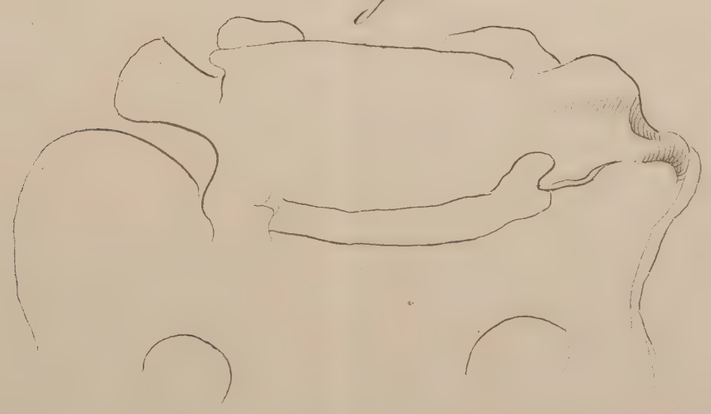


Fig. 8.

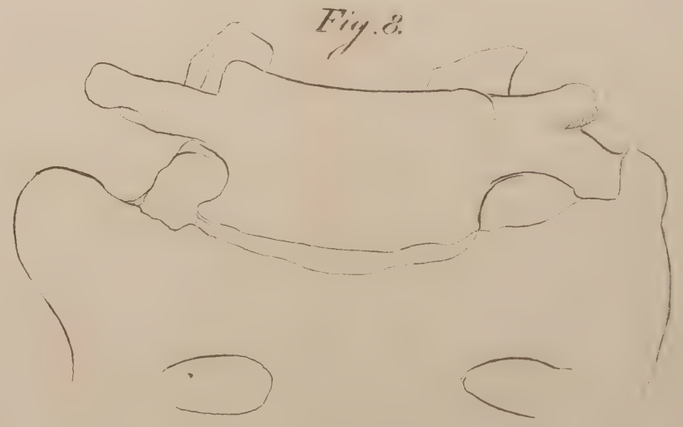


Fig. 1.

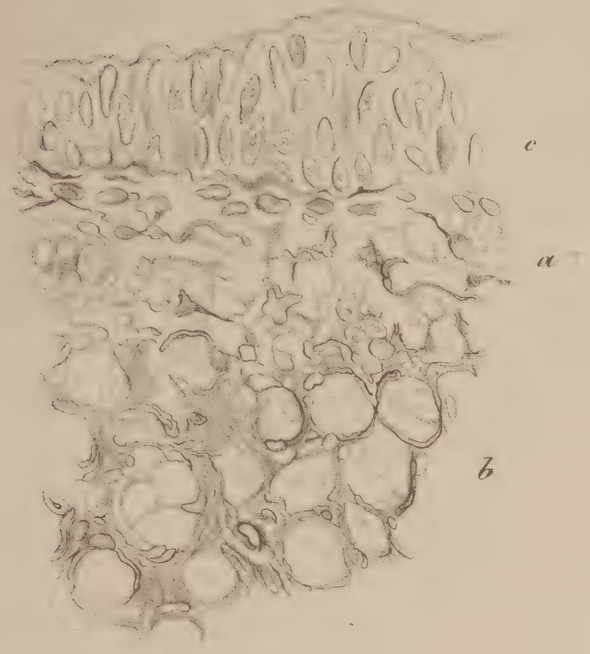


Fig. 2.

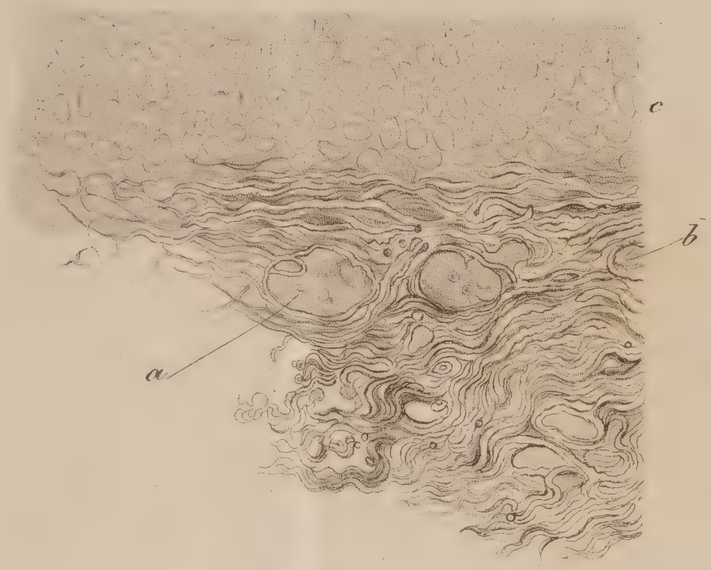


Fig. 3.

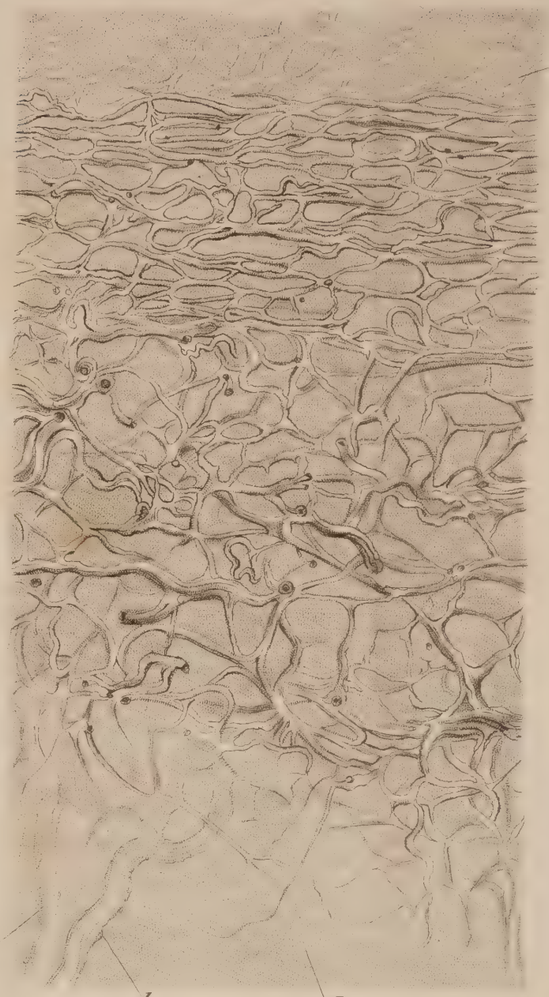


Fig. 7.

Fig. 4.

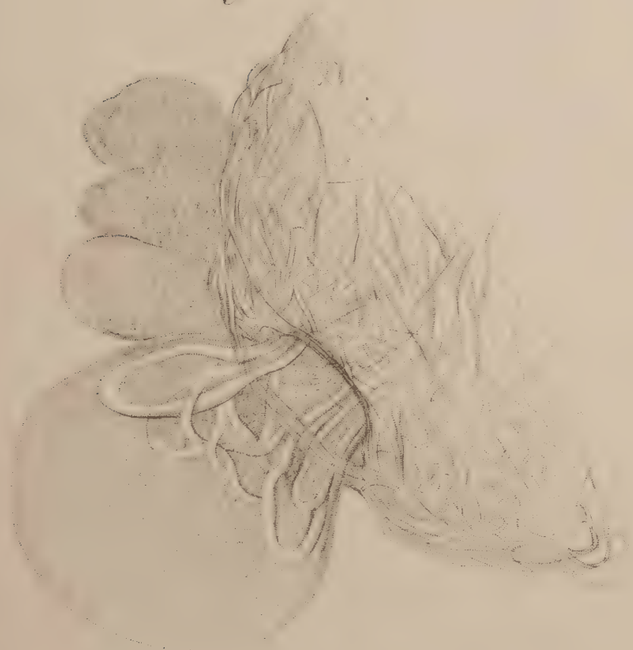


Fig. 6.

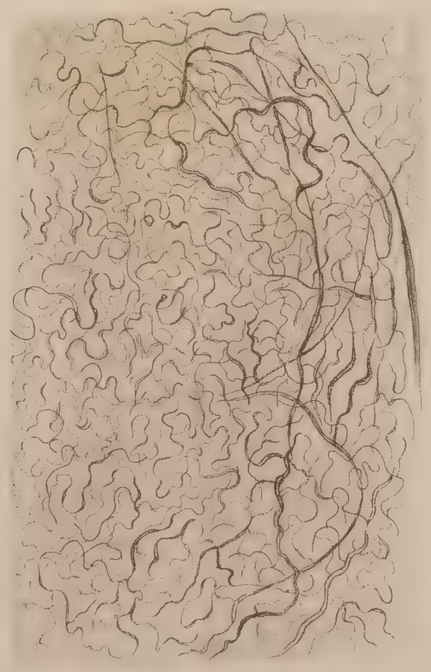


Fig. 5.

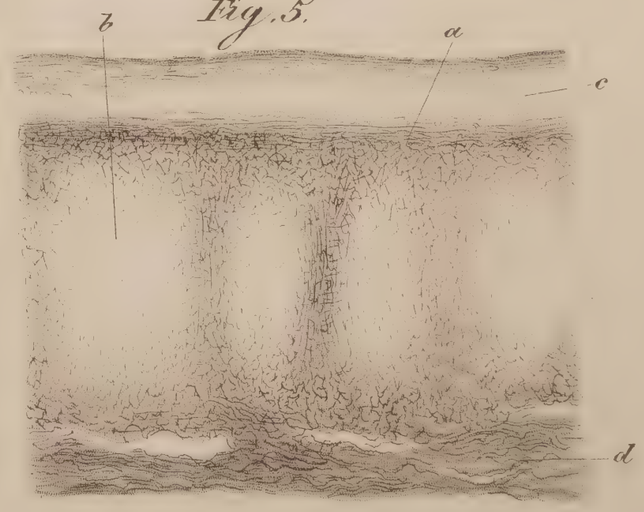


Fig. 8.

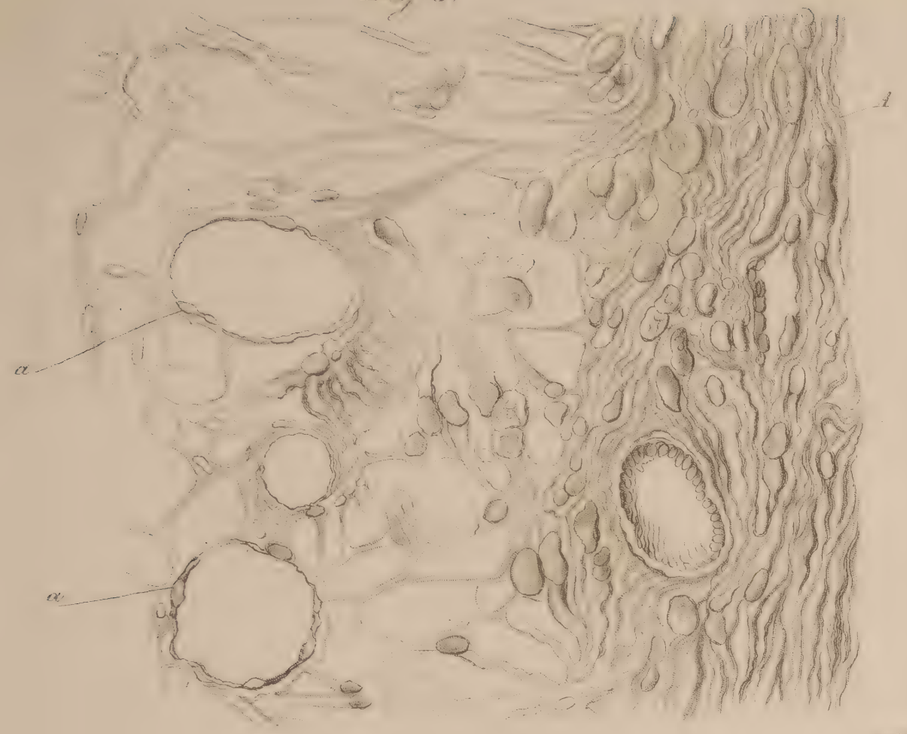


Fig. 9. B.

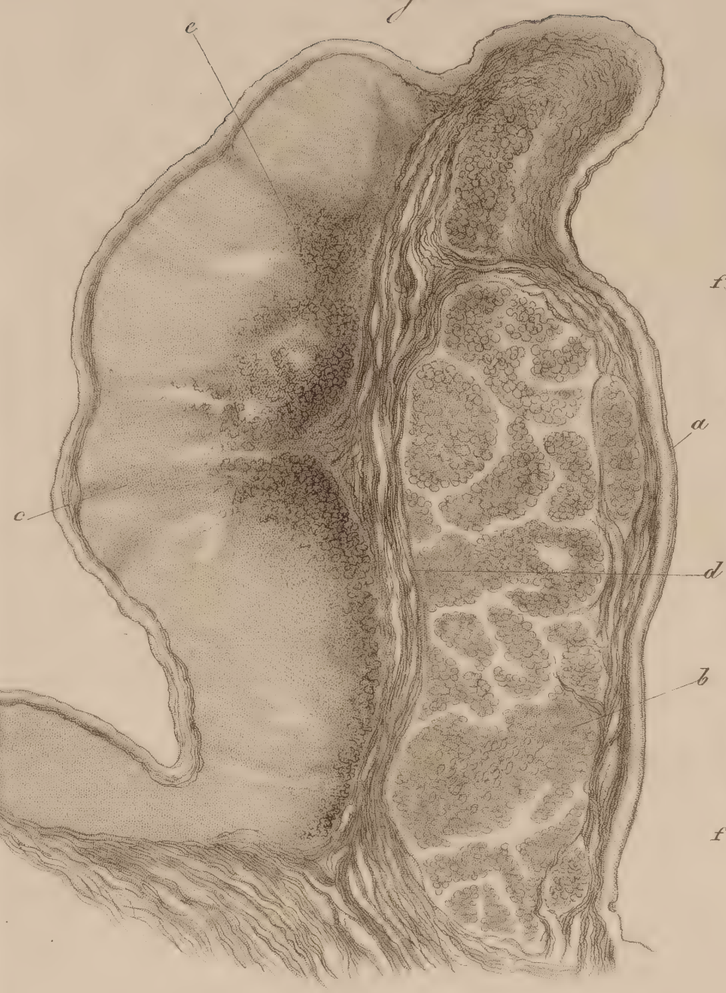


Fig. 10.

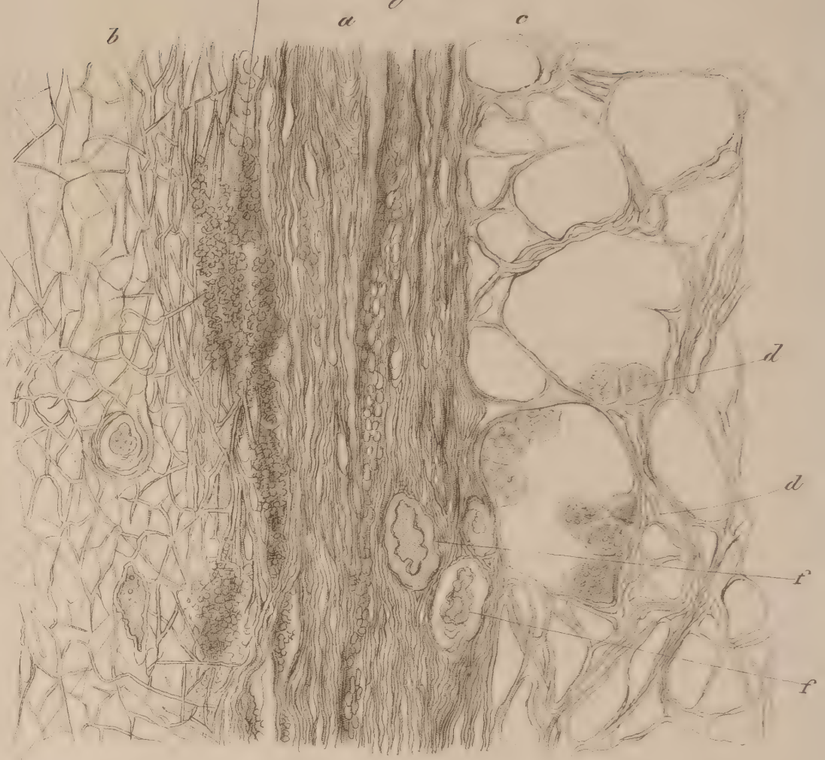


Fig. 9. A.

Fig. 12.

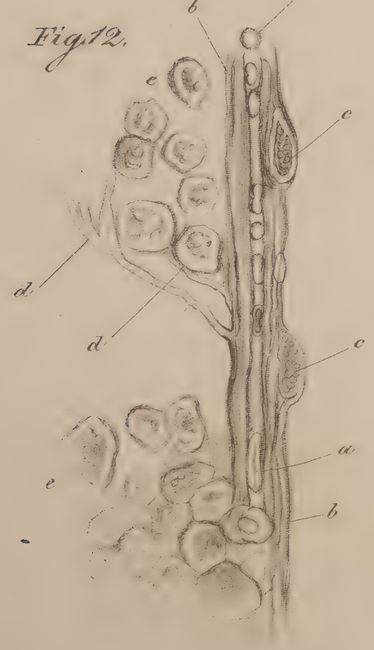


Fig. 11.

Fig. 13.

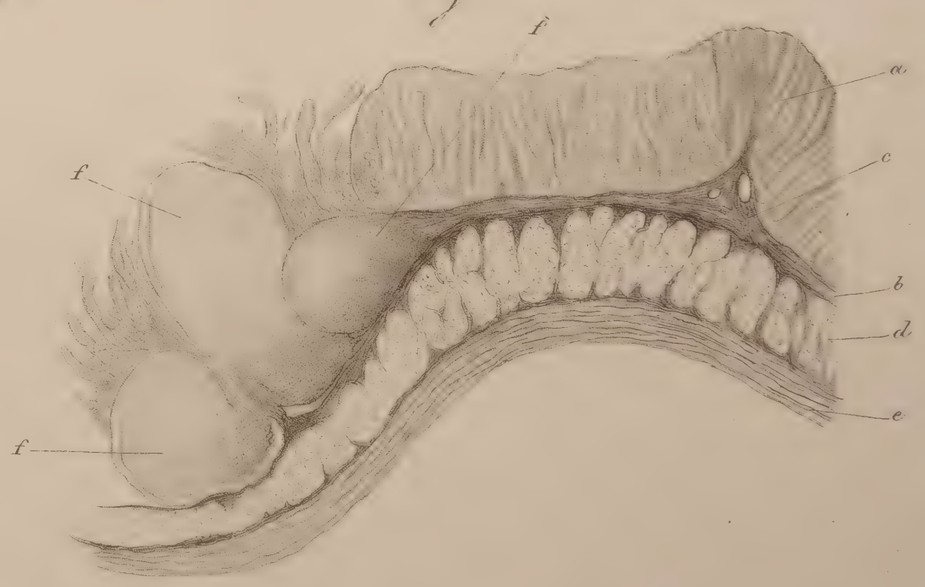


Fig. 15.

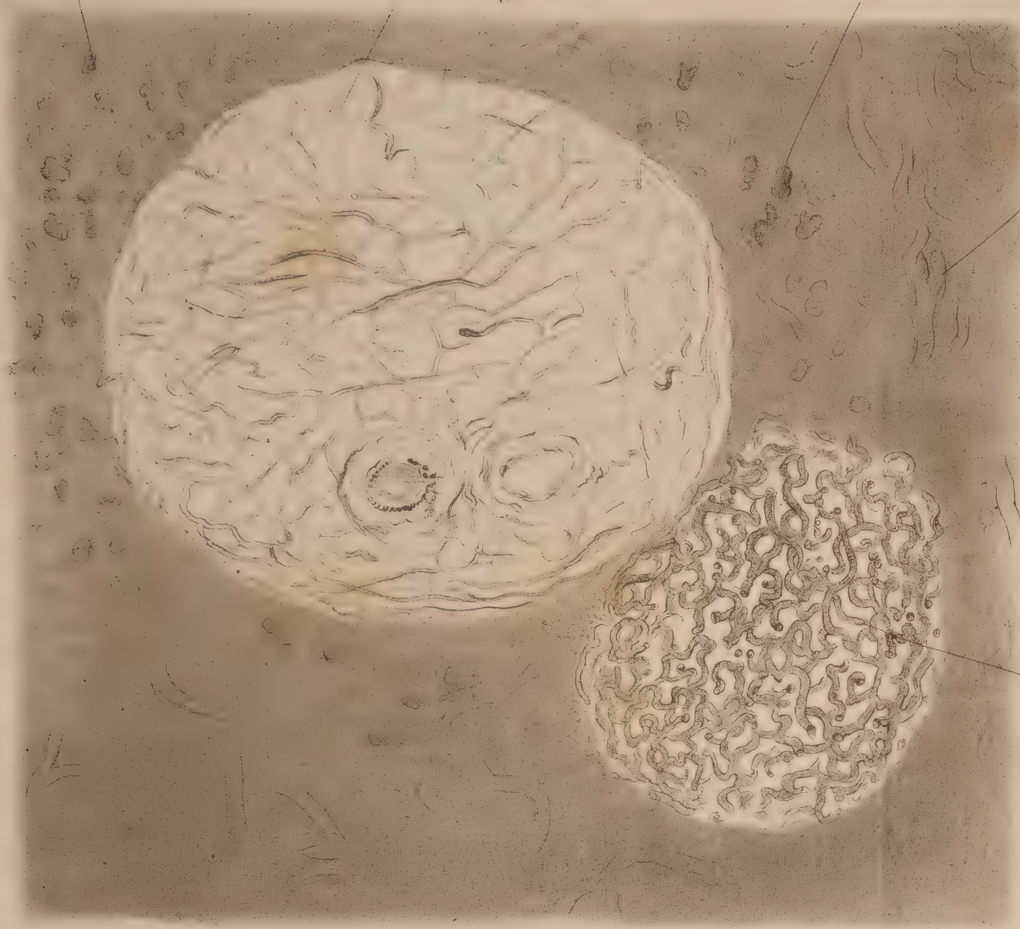


Fig. 18.

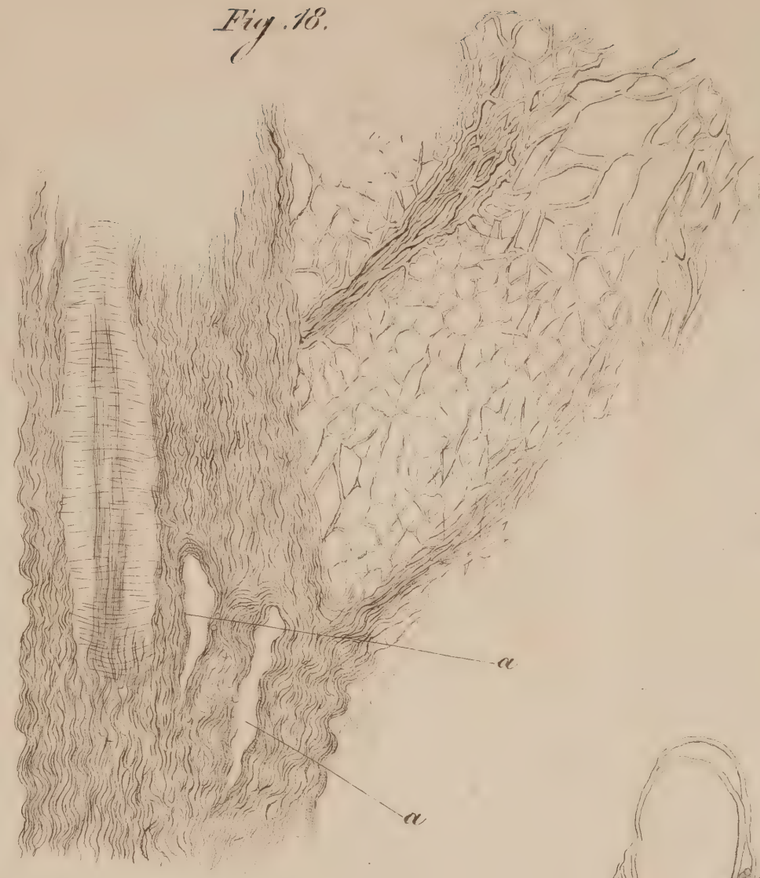


Fig. 17.

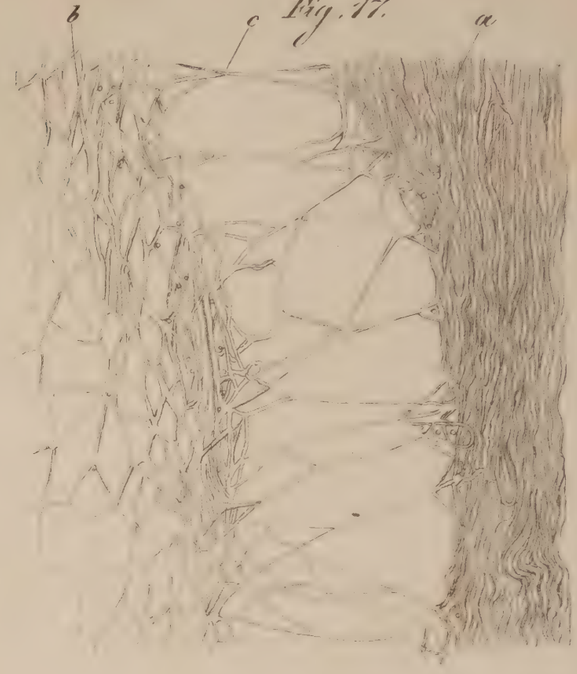


Fig. 16.

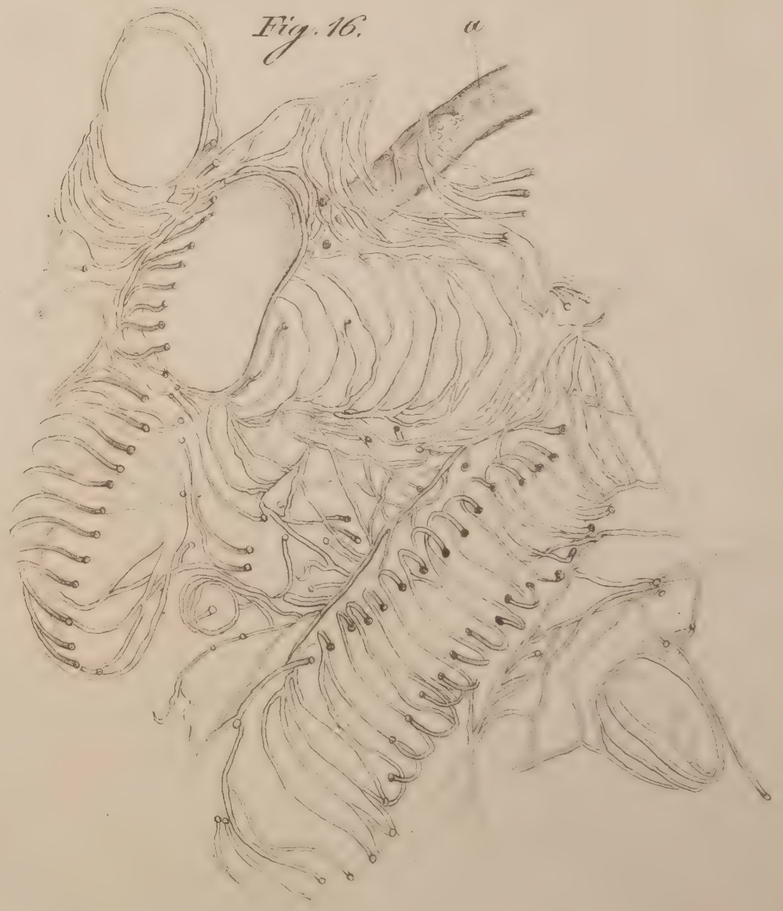


Fig. 19.

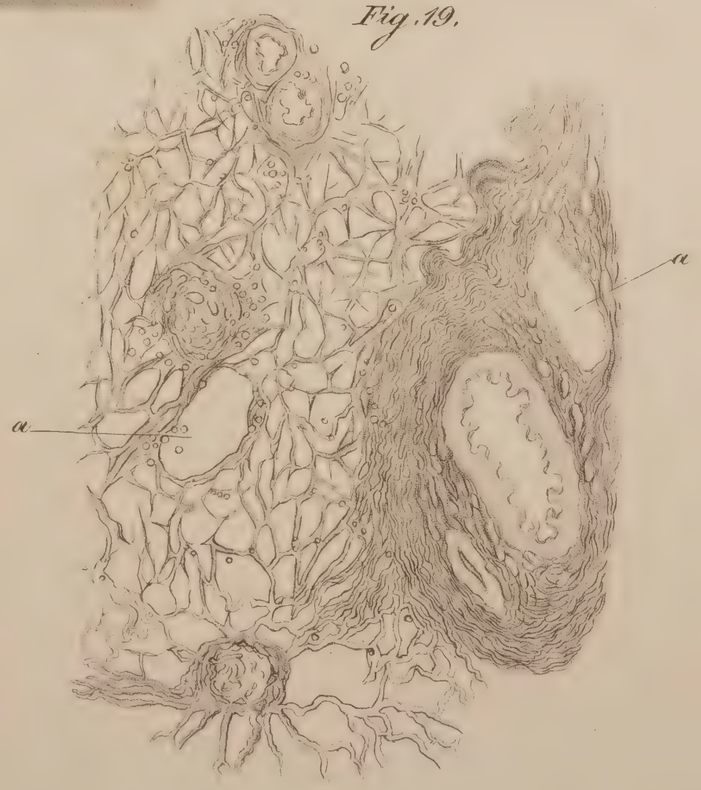
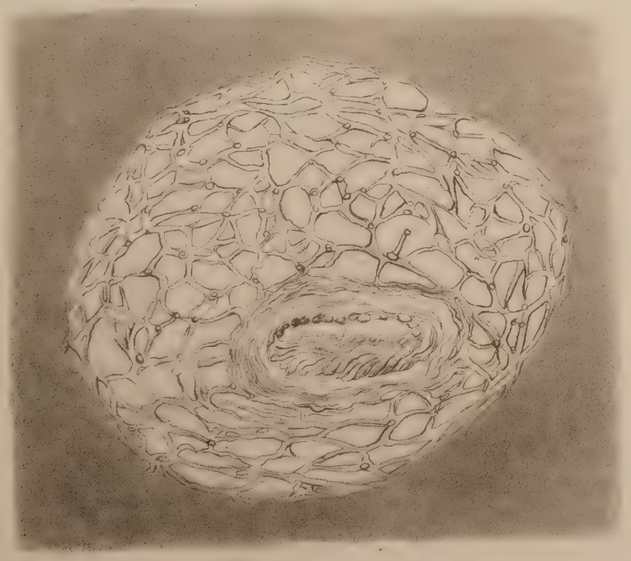



Fig. 14.